



Vitor Emanuel Alfonso Lopes

Licenciado em Ciências de Engenharia Civil

**Desenvolvimentos recentes na
normalização de revestimentos cerâmicos,
colas e argamassas de juntas**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Civil

Orientador: Prof. Doutor Fernando M. A. Henriques, FCT-UNL

Júri:

Presidente: Prof. Doutor Nuno Manuel da Costa Guerra
Vogais: Prof.^a Doutora Maria Paulina Faria Rodrigues
Prof. Doutor Fernando Manuel Anjos Henriques



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Maiο 2012

“Copyright” Vitor Emanuel Alfonso Lopes, FCT/UNL e UNL

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objectivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Professor Doutor Fernando M. A. Henriques, por me ter proporcionado a oportunidade de realizar este estudo, pela orientação, disponibilidade e ensinamentos prestados, durante a realização desta Dissertação.

A todos os meus amigos e colegas que ao longo do curso me apoiaram incondicionalmente, nomeadamente Alessia Masini, Ana Sequeira, André Valério, Cláudia Dias, Filipe Inácio, Francisco Costa, Francisco Guerreiro, Inês Teixeira, João Brito, João Inverno, João Matos, Margarida Oliveira, Markus Wolf, Raul Alves, Rui Silva, Thiago Gomes, Tiago Limpo, Tiago Patrício, Valter Proença entre outras inúmeras pessoas que foram bastante importantes a nível académico e pessoal.

Ao Centro Tecnológico da Cerâmica e do Vidro – CTCV, pelo apoio prestado ao nível dos ensaios de laboratórios relativamente a ladrilhos cerâmicos, colas e argamassas de juntas.

Por último, aqueles que sempre me acompanharão;

À minha mãe e ao meu irmão, por todo o apoio, carinho e compreensão em todos os aspectos da minha vida.

RESUMO

Os revestimentos cerâmicos colados possuem uma grande tradição em Portugal, sendo ainda frequentemente utilizados nas edificações.

O sistema de revestimento cerâmico colado ao suporte é constituído basicamente por ladrilhos cerâmicos, colas e argamassas de juntas. Estes materiais são sujeitos a diversas acções para os quais têm que resistir, nomeadamente variações de temperatura e humidade, radiação solar, chuva, deformações impostas, etc. Para além destas acções a que estão sujeitos, existem requisitos essenciais que os materiais aplicados em obra devem ter para estarem conformes com o *Regulamento (UE) N.º 305/2011* [D1].

Actualmente as modernas aplicações dos revestimentos cerâmicos apresentam requisitos muito mais rigorosos do que seria de prever em tempos passados. Deste modo, nos últimos tempos tem havido um enorme esforço científico no sentido de desenvolver métodos de ensaios capazes de avaliar as diversas características que estes materiais devem apresentar, de forma a resistir aos diversos tipos de acções e cumprir com todos os requisitos a que estão sujeitos através de métodos de ensaios especificados nas normas harmonizadas.

O presente trabalho surge com o principal objectivo de estudar o estado actual da normalização em vigor integrada no acervo normativo nacional. Para isso, são especificadas todas as características, ensaios e critérios de aceitação e/ou classificação aplicáveis a ladrilhos cerâmicos, colas e argamassas de juntas.

Termo chave: ladrilhos cerâmicos, colas, argamassas de juntas, normalização.

ABSTRACT

Ceramic tiles are a large tradition in Portugal, being still frequently used in buildings nowadays.

Glued ceramic tiles are essentially constituted by ceramic tiles, adhesives and grout for tiles. These materials are subject to various types of actions which they have to resist, including variations in temperature and humidity, solar radiation, rain, imposed deformations, etc. In addition to these types of actions, there are also essential requirements that the materials used in construction should have to conform to the *Regulation (UE) N. º 305/2011* [D1].

Currently, the modern applications of ceramic tiles have much more rigorous requirements that would be expected in past times. Therefore, it has been made an enormous scientific effort to develop test methods capable of assessing the various features that these materials must have. This denotes to evaluate their resistance to the different types of actions and their compliance with all the requirements that they are subject to. This evaluation is done through test methods specified in the regulation harmonized.

This work comes with the main objective of studying the current knowledge in accordance with the standards normalization, specifying all the characteristics, testing and acceptance criteria and / or classification applicable to ceramic tiles, adhesives and grout for tiles.

Keywords: ceramic tiles, adhesives, grout for tiles, normalization.

ÍNDICE DO TEXTO

1.	INTRODUÇÃO.....	1
1.1.	Considerações Gerais	1
1.2.	Objectivos e Metodologia	2
1.3.	Organização e estrutura do texto	2
2.	NORMALIZAÇÃO E MARCAÇÃO CE DOS PRODUTOS DE CONSTRUÇÃO	5
2.1.	Normalização.....	5
2.1.1.	Organismos de Normalização	6
2.1.1.1.	Organismos Internacionais de Normalização (ISO)	6
2.1.1.2.	Organismos Regionais de Normalização (CEN)	7
2.1.1.3.	Organismos Nacionais de Normalização (IPQ).....	8
2.1.2.	Estrutura de Normalização em Portugal	8
2.1.3.	Normas Portuguesas – Procedimentos para a sua aprovação.....	9
2.1.3.1.	Homologação de Normas Portuguesas.....	9
2.1.3.2.	Revisão de Normas Portuguesas.....	9
2.1.3.3.	Integração de Normas Internacionais e Europeias	10
2.1.3.4.	Divulgação	10
2.1.4.	Desenvolvimento do processo normativo a nível Europeu	10
2.1.5.	Desenvolvimento do processo normativo a nível Internacional	10
2.1.6.	Norma	11
2.1.6.1.	Identificação da origem das Normas	11
2.2.	Marcação CE dos Produtos de Construção	12
2.2.1.	Directiva dos Produtos de Construção (DPC)	13
2.2.2.	Normas Harmonizadas	14
2.2.3.	Aprovação Técnica Europeia (ETA – <i>European Technical Approval</i>)	14
2.2.4.	Sistemas de Avaliação da Conformidade	15
2.2.4.1.	Organismos Notificados	17
3.	SISTEMA DE REVESTIMENTO CERÂMICO COLADO	19
3.1.	Generalidades	19
3.2.	Seleção dos materiais	20
3.3.	Seleção de ferramentas e utensílios	22
3.4.	Definição da espessura das juntas	24
3.5.	Preparação do suporte para o assentamento	24
3.6.	Aplicação do sistema de revestimento cerâmico	25
3.6.1.	Tarefas preliminares.....	26
3.6.2.	Aplicação da cola em paredes	26

3.6.3.	Colocação dos ladrilhos cerâmicos	27
3.6.4.	Execução das juntas	27
3.6.5.	Limpeza	28
3.6.6.	Cura	28
4.	PAVIMENTOS E REVESTIMENTOS CERÂMICOS	29
4.1.	Introdução aos pavimentos e revestimentos cerâmicos	29
4.2.	Generalidades	31
4.3.	Características geométricas	36
4.3.1.	Determinação do comprimento e largura	37
4.3.2.	Determinação da espessura.....	42
4.3.3.	Medição da retilinearidade dos lados	43
4.3.3.1.	Procedimento.....	43
4.3.4.	Medição da ortogonalidade (perpendicularidade)	44
4.3.4.1.	Procedimento.....	45
4.3.5.	Medição da planaridade (curvatura e empeno).....	46
4.3.5.1.	Curvatura central	46
4.3.5.2.	Curvatura lateral	46
4.3.5.3.	Empeno	47
4.3.5.4.	Procedimento para a medição da planaridade de ladrilhos de dimensões superiores a 40 mm x 40 mm.....	47
4.3.5.5.	Procedimento para a medição da planaridade de ladrilhos de dimensões inferiores ou iguais a 40 mm x 40 mm	48
4.4.	Qualidade da superfície.....	48
4.5.	Absorção de água	49
4.5.1.	Procedimento.....	50
4.5.1.1.	Impregnação em água – Método por ebulição.....	51
4.5.1.2.	Impregnação em água – Método por imersão sob vácuo	51
4.5.1.3.	Pesagem hidrostática	51
4.5.2.	Cálculo e expressão de resultados	51
4.5.2.1.	Absorção da água.....	52
4.5.2.2.	Porosidade aberta	52
4.5.2.3.	Densidade relativa aparente.....	52
4.5.2.4.	Massa volúmica global	53
4.5.3.	Requisitos	53
4.6.	Resistência à flexão e módulo de ruptura	53
4.6.1.	Procedimento.....	54
4.6.2.	Cálculo e expressão de resultados	55
4.6.3.	Requisitos	56
4.7.	Resistência ao impacto	56

4.7.1.	Procedimento.....	57
4.7.2.	Cálculo e expressão de resultados	58
4.8.	Resistência à abrasão profunda para ladrilhos não vidrados (UGL)	59
4.8.1.	Procedimento.....	59
4.8.2.	Cálculo e expressão de resultados	60
4.8.3.	Requisitos	61
4.9.	Resistência à abrasão superficial para ladrilhos vidrados (GL)	61
4.9.1.	Aparelhos e utensílios de ensaio.....	61
4.9.2.	Procedimento.....	63
4.9.3.	Classificação dos resultados	64
4.10.	Dilatação linear de origem térmica	66
4.10.1.	Procedimento.....	66
4.10.2.	Cálculo e expressão de resultados	66
4.11.	Resistência ao choque térmico	67
4.11.1.	Procedimento.....	67
4.11.1.1.	Verificação preliminar dos provetes	67
4.11.1.2.	Ensaio com imersão	67
4.11.1.3.	Ensaio sem imersão	68
4.11.1.4.	Procedimento de ensaio	68
4.12.	Dilatação com a humidade	68
4.12.1.	Procedimento.....	69
4.12.2.	Cálculo e expressão de resultados	70
4.13.	Resistência ao fendilhamento para ladrilhos vidrados	70
4.13.1.	Procedimento.....	71
4.14.	Resistência ao gelo	71
4.14.1.	Preparação dos provetes	72
4.14.2.	Impregnação com água	72
4.14.3.	Procedimento.....	72
4.15.	Resistência química	73
4.15.1.	Soluções de ensaio	74
4.15.2.	Aparelhos e utensílios	74
4.15.3.	Procedimento para ladrilhos não vidrados, UGL.....	74
4.15.4.	Procedimento para ladrilhos vidrados, GL	75
4.15.4.1.	Ensaio com lápis.....	76
4.15.4.2.	Ensaio de reflexão	77
4.15.5.	Requisitos	77
4.16.	Resistência às manchas.....	78
4.16.1.	Soluções de ensaio manchantes.....	78

4.16.2.	Limpeza	78
4.16.3.	Procedimentos de limpeza	79
4.16.4.	Procedimento.....	79
4.16.5.	Classificação de resultados e requisitos	79
4.17.	Libertação de chumbo e de cádmio – ladrilhos vidrados	80
4.17.1.	Procedimento.....	81
4.17.2.	Cálculo e expressão de resultados	82
4.18.	Pequenas diferenças de cor	82
4.18.1.	Quantificação das cores	83
4.18.2.	Sistema colorimétrico CIE $L^* a^* b^*$	84
4.18.3.	Procedimento.....	84
4.18.4.	Interpretação dos resultados	85
4.19.	Coeficiente de atrito.....	85
4.20.	Reacção ao fogo.....	85
4.20.1.	Classificação da reacção ao fogo dos produtos de construção	86
4.20.2.	Ensaio de reacção ao fogo	87
4.20.3.	Crítérios e requisitos para classificação de reacção ao fogo	87
4.21.	Amostragem e condições de recepção	89
4.22.	Avaliação da conformidade de pavimentos e revestimentos cerâmicos.....	90
4.22.1.	Ensaio de tipo inicial (ETI)	90
4.22.2.	Controlo da produção em fábrica (CPF)	90
4.22.3.	Marcação e especificações	91
4.22.4.	Sistemas de avaliação da conformidade aplicáveis.....	92
4.23.	Marcação CE e etiquetagem	93
4.23.1.	Exemplo de modelo de referência para marcação e etiquetagem.....	94
4.23.2.	Exemplo de informação na marcação CE em documentos comerciais de acompanhamento para ladrilhos de pavimentos.....	95
4.23.3.	Exemplo de informação na marcação CE em documentos comerciais de acompanhamento para ladrilhos de paredes e tectos	96
5.	COLAS E ARGAMASSAS DE JUNTAS PARA LADRILHOS CERÂMICOS	97
5.1.	Introdução às colas e argamassas de juntas para ladrilhos cerâmicos.....	97
5.2.	Generalidades	99
5.2.1.	Colas para ladrilhos cerâmicos	99
5.2.2.	Argamassas de juntas para ladrilhos cerâmicos.....	104
5.3.	Tensão de aderência para cimentos-cola (C)	106
5.3.1.	Procedimento.....	107
5.3.1.1.	Mistura do cimento-cola	107
5.3.1.2.	Placa de betão	108
5.3.1.3.	Preparação dos provetes	108

5.3.1.4.	Tensão inicial à tracção	109
5.3.1.5.	Tensão à tracção após imersão em água	109
5.3.1.6.	Tensão de aderência após acção do calor	110
5.3.1.7.	Tensão à tracção após ciclos de gelo-degelo	110
5.3.2.	Cálculo e expressão dos resultados.....	111
5.4.	Tempo de abertura	113
5.4.1.	Procedimento.....	114
5.4.2.	Cálculo e expressão dos resultados.....	115
5.5.	Deformação transversal de cimentos-cola e de argamassas de juntas	115
5.5.1.	Procedimento.....	116
5.5.1.1.	Preparação do substrato e dos provetes de ensaio.....	116
5.5.1.2.	Deformação transversal	117
5.6.	Tensão de corte para colas em dispersão aquosa (D)	118
5.6.1.	Procedimento.....	119
5.6.1.1.	Preparação dos provetes	119
5.6.1.2.	Tensão inicial ao corte.....	119
5.6.1.3.	Tensão de corte após imersão em água	120
5.6.1.4.	Tensão de corte após acção do calor	120
5.6.1.5.	Tensão de corte a alta temperatura	120
5.6.2.	Cálculo e expressão dos resultados.....	121
5.7.	Deslizamento	121
5.7.1.	Procedimento.....	122
5.8.	Resistência ao corte de colas de resinas de reacção (R)	123
5.8.1.	Procedimento.....	124
5.8.1.1.	Preparação dos provetes	124
5.8.1.2.	Resistência inicial ao corte	124
5.8.1.3.	Resistência do corte após imersão em água	125
5.8.1.4.	Resistência do corte após choque térmico	125
5.8.2.	Cálculo e expressão dos resultados.....	125
5.9.	Poder molhante	126
5.9.1.	Procedimento.....	126
5.10.	Resistência química de argamassas de resinas de reacção	127
5.10.1.	Procedimento.....	127
5.10.1.1.	Preparação dos provetes	127
5.10.1.2.	Resistência química.....	128
5.10.2.	Cálculo e expressão dos resultados.....	129
5.10.2.1.	Variação da altura.....	129
5.10.2.2.	Variação do diâmetro.....	129

5.10.2.3.	Variação do valor da resistência à compressão.....	129
5.11.	Resistência à abrasão de argamassas de juntas.....	130
5.11.1.	Procedimento.....	130
5.11.1.1.	Preparação dos provetes	130
5.11.1.2.	Técnica	131
5.11.2.	Cálculo e expressão dos resultados.....	131
5.12.	Resistência à flexão e à compressão de argamassas de juntas	132
5.12.1.	Procedimento.....	132
5.12.1.1.	Preparação dos provetes	132
5.12.1.2.	Resistência à flexão em condições normalizadas.....	133
5.12.1.3.	Resistência à compressão em condições normalizadas.....	133
5.12.1.4.	Resistência à flexão e compressão após ciclos de gelo-degelo	134
5.12.2.	Cálculo e expressão dos resultados.....	134
5.12.2.1.	Resistência à flexão.....	134
5.12.2.2.	Resistência à compressão	135
5.13.	Retracção de argamassas de juntas	135
5.13.1.	Procedimento.....	136
5.13.2.	Cálculo e expressão dos resultados.....	137
5.14.	Absorção de água de argamassas de juntas	137
5.14.1.	Procedimento.....	137
5.14.1.1.	Preparação dos provetes	137
5.14.1.2.	Técnica	138
5.14.2.	Cálculo e expressão dos resultados.....	138
5.15.	Reacção ao fogo.....	138
5.16.	Avaliação da conformidade	139
5.16.1.	Ensaio do tipo inicial (ETI)	139
5.16.2.	Controlo da produção em fábrica (CPF)	141
5.17.	Marcação CE e etiquetagem	141
6.	APRECIAÇÃO DAS NORMAS.....	143
6.1.	Ladrilhos cerâmicos.....	143
6.2.	Colas.....	150
6.3.	Argamassas de juntas	156
7.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	159
7.1.	Ladrilhos cerâmicos.....	159
7.2.	Colas.....	160
7.3.	Argamassas de juntas	161
7.4.	Normalização europeia e marcação CE dos produtos em estudo	161

7.5. Desenvolvimentos actuais na normalização de ladrilhos cerâmicos, colas e argamassas de juntas	162
BIBLIOGRAFIA.....	163

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 2.1 - Exemplos de organismos nacionais de normalização	8
Quadro 2.2 – Sistema de comprovação da conformidade para a marcação CE.....	15
Quadro 2.3 – Exemplos de Decisões da Comissão relativas aos sistemas de comprovação da conformidade aplicados aos produtos cerâmicos e cimento	16
Quadro 3.1 – Propriedades das colas a ter em conta na aplicação em obra	21
Quadro 3.2 – Classes de cimentos-cola recomendadas para o assentamento de ladrilhos cerâmicos em fachada	21
Quadro 3.3 – Exemplo de larguras de junta (indicativo)	24
Quadro 4.1 – Normas de ensaio aplicáveis a pavimentos e revestimentos cerâmicos.....	31
Quadro 4.2 – Classificação de ladrilhos cerâmicos	32
Quadro 4.3 – Identificação de materiais cerâmicos	33
Quadro 4.4 – Valores característicos médios	34
Quadro 4.5 – Características requeridas para diferentes aplicações	36
Quadro 4.6 – Requisitos de comprimento e largura para ladrilhos cerâmicos extrudidos	39
Quadro 4.7 – Requisitos de comprimento e largura para ladrilhos cerâmicos prensados a seco	41
Quadro 4.8 – Requisitos de espessura para ladrilhos cerâmicos	42
Quadro 4.9 – Requisitos de medição da rectilinearidade dos lados para ladrilhos cerâmicos	44
Quadro 4.10 – Requisitos de medição da ortogonalidade para ladrilhos cerâmicos	45
Quadro 4.11 – Requisitos de medição da planaridade dos ladrilhos cerâmicos	48
Quadro 4.12 – Defeitos superficiais de ladrilhos cerâmicos	49
Quadro 4.13 – Massa dos ladrilhos e precisão de medição	50
Quadro 4.14 – Requisitos da medição de absorção de água	53
Quadro 4.15 – Diâmetros dos roletes, espessura de borracha e comprimento /	55
Quadro 4.16 – Requisitos da resistência à flexão e módulo de ruptura dos ladrilhos cerâmicos	56
Quadro 4.17 – Requisitos da resistência à abrasão profunda de ladrilhos não vidrados	61
Quadro 4.18 – Classificação de ladrilhos cerâmicos vidrados, GL	65
Quadro 4.19 – Classificação de ladrilhos vidrados para pavimentos segundo a sua resistência à abrasão	65
Quadro 4.20 – Classificação de ladrilhos não vidrados segundo a sua resistência química	75
Quadro 4.21 – Classificação visual alternativa – “classificação normal impossível”	77
Quadro 4.22 – Requisitos mínimos para a resistência química	77
Quadro 4.23 – Métodos de ensaio para determinação das classes de reacção ao fogo	87
Quadro 4.24 – Termos e definições para a classificação das classes da resistência ao fogo	88
Quadro 4.25 – Classificação de reacção ao fogo de ladrilhos cerâmicos, incluindo pavimentos e os respectivos revestimentos	88
Quadro 4.26 – Definições complementares ao Quadro 4.25	89
Quadro 4.27 – Métodos de ensaio e frequências mínimas	91
Quadro 4.28 – Exemplos de marcação de ladrilhos cerâmicos	92
Quadro 4.29 – Sistemas de avaliação da conformidade: Pavimentos	92
Quadro 4.30 – Sistemas de avaliação da conformidade: Acabamentos de paredes e tectos	93
Quadro 5.1 – Classes de colas para ladrilhos cerâmicos	100
Quadro 5.2 - Designação e classificação das colas	101
Quadro 5.3 – Especificações para cimentos-cola (C)	102
Quadro 5.4 – Especificações para colas em dispersão aquosa (D)	103
Quadro 5.5 – Especificações para colas de resinas de reacção (R)	103
Quadro 5.6 – Classes das argamassas para juntas entre ladrilhos cerâmicos	104
Quadro 5.7 – Designação e classificação das argamassas de juntas	105
Quadro 5.8 – Especificações para argamassas de cimento (CG)	105
Quadro 5.9 – Especificações para argamassas de resinas de reacção (RG)	106
Quadro 5.10 – Ensaio de tipo inicial e frequência do controlo de produção de colas	140

Quadro 5.11 – Ensaio de tipo inicial para argamassas de juntas	140
Quadro 6.1 – Requisitos relevantes para ladrilhos cerâmicos destinados a pavimentos interiores ..	144
Quadro 6.2 – Requisitos relevantes para ladrilhos cerâmicos destinados a pavimentos exteriores .	144
Quadro 6.3 – Requisitos relevantes para ladrilhos cerâmicos destinados a acabamentos de paredes e tectos interiores	144
Quadro 6.4 – Requisitos relevantes para ladrilhos cerâmicos destinados a acabamentos de paredes e tectos exteriores	145
Quadro 6.5 – Requisitos relevantes para cimentos-cola	151
Quadro 6.6 – Requisitos relevantes para colas em dispersão aquosa	151
Quadro 6.7 – Requisitos relevantes para colas de resinas de reacção	152
Quadro 7.1 - Normas a serem desenvolvidas pelo CEN/TC 67 relacionadas com ladrilhos cerâmicos	162

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 – Exemplo da folha de rosto de uma norma portuguesa	11
Figura 2.2 – Símbolo de Marcação CE	13
Figura 3.1 – Camadas do sistema de revestimento cerâmico colado ao suporte	20
Figura 3.2 – Máquina de corte manual.....	23
Figura 3.3 – Talocha denteada	23
Figura 4.1 – Edifício antigo com revestimento cerâmico na fachada	30
Figura 4.2 – Gráfico de valores estatísticos de Absorção de água (%), dados de 1993 a 2003 pelo CTCV	34
Figura 4.3 – Gráfico de valores estatísticos da Flexão (MPa), dados de 1993 a 2003 pelo CTCV	34
Figura 4.4 – Gráfico de valores estatísticos da Abrasão Profunda (mm ³), dados de 1993 a 2003 pelo CTCV	35
Figura 4.5 – Dimensões de fabrico de um ladrilho	38
Figura 4.6 – Dimensões de fabrico de um ladrilho com espaçadores	38
Figura 4.7 – Equipamento de medição: Paquímetro.....	39
Figura 4.8 – Aparelho para medição da rectilinearidade, da perpendicularidade e da planaridade da superfície	43
Figura 4.9 – Aparelho para medição das características geométricas	43
Figura 4.10 – Rectilinearidade dos lados	43
Figura 4.11 – Ortogonalidade (ou perpendicularidade)	45
Figura 4.12 – Curvatura central	46
Figura 4.13 – Curvatura lateral	47
Figura 4.14 – Empeno	47
Figura 4.15 – Roletes de apoio	55
Figura 4.16 – Aparelho de queda de esfera	57
Figura 4.17 – Representação esquemática do equipamento de abrasão profunda	60
Figura 4.18 – Equipamento de abrasão	60
Figura 4.19 – Definição da corda	60
Figura 4.20 – Abrasímetro.....	62
Figura 4.21 – Abrasímetro (dimensões em milímetros)	62
Figura 4.22 – Montagem para avaliação visual	63
Figura 4.23 – Mufla.....	67
Figura 4.24 – Aquecedor de água	69
Figura 4.25 – Autoclave.....	70
Figura 4.26 – Classificação da resistência química para ladrilhos vidrados	76
Figura 4.27 – Classificação dos resultados do ensaio da resistência às manchas	80
Figura 4.28 – Método prático para cobrir os ladrilhos durante o ensaio	82
Figura 4.29 – Equipamento utilizado para a determinação de pequenas diferenças de cor	83
Figura 4.30 – Exemplo de marcação CE na embalagem	94
Figura 4.31 – Exemplo de informação na marcação CE em documentos para ladrilhos de pavimentos	95
Figura 4.32 – Exemplo de informação na marcação CE em documentos para ladrilhos de paredes e tectos	96
Figura 5.1 – Aplicação do produto cimento-cola com o auxílio de uma talocha denteada.....	99
Figura 5.2 – Exemplo de argamassa de junta	99
Figura 5.3 – Placa metálica com encaixe adequado para a máquina de tracção	107
Figura 5.4 – Misturador	108
Figura 5.5 – Recolha da amostra (2 Kg)	108
Figura 5.6 – Placa de betão e restantes materiais para a preparação do provete	108
Figura 5.7 – Exemplo de preparação de um provete para ensaios de aderência para cimentos-cola	109

Figura 5.8 – Aderência à tracção após imersão em água	110
Figura 5.9 – Rotura adesiva entre a cola e o suporte (AF-S)	112
Figura 5.10 – Rotura adesiva entre o ladrilho e a cola (AF-T)	112
Figura 5.11 – Rotura adesiva entre o ladrilho e a peça de tracção (BT)	112
Figura 5.12 – Rotura coesiva na cola (CF-A)	113
Figura 5.13 – Rotura coesiva no suporte (CF-S)	113
Figura 5.14 – Rotura coesiva no ladrilho (CF-T)	113
Figura 5.15 – Exemplo de provete para o ensaio da determinação do tempo aberto	114
Figura 5.16 – Batente	116
Figura 5.17 – Gabarito de ensaio	116
Figura 5.18 – Bitola A	116
Figura 5.19 – Bitola B	116
Figura 5.20 – Ilustração relativa ao método de ensaio para a deformação transversal	117
Figura 5.21 – Bitola A e B para produção de provetes	117
Figura 5.22 – Ilustração do modelo de ensaio	118
Figura 5.23 – Aparelho adequado que permite converter a carga numa força	118
Figura 5.24 – Preparação dos provetes	119
Figura 5.25 – Tensão inicial ao corte	120
Figura 5.26 – Exemplo esquemático de um provete para ensaio ao deslizamento	122
Figura 5.27 – Ensaio ao deslizamento	123
Figura 5.28 – Ladrilho com a cola aplicada e as varetas de espaçamento	124
Figura 5.29 – Ensaio da aderência após choque térmico	125
Figura 5.30 – Exemplo esquemático da placa de vidro e de betão	127
Figura 5.31 – Poder molhante	127
Figura 5.32 – Equipamento de abrasão	130
Figura 5.33 – Estrutura que vai receber o provete para a resistência à abrasão	131
Figura 5.34 – Molde triplo utilizado para a resistência à compressão e à flexão	133
Figura 5.35 – Aparelho utilizado para a resistência à flexão	134
Figura 5.36 – Aparelho utilizado para a resistência à compressão	134
Figura 5.37 – Acessório típico para o ensaio de resistência à compressão	135
Figura 5.38 – Molde triplo utilizado no ensaio de retracção das argamassas de juntas	136
Figura 5.39 – Equipamento de medição	137

SÍMBOLOGIA

Pavimentos e revestimentos cerâmicos

Características geométricas

C	Desvio da rectilinearidade no centro do lado medido
L	Comprimento da amostra (medição da rectilinearidade dos lados)
δ	Desvio do ângulo exterior do lado do ladrilho (medido a 5 mm do canto) em relação ao lado interior da placa padrão
L	Comprimento do lado adjacente do ladrilho (medição da ortogonalidade, curvatura lateral)
ΔC	Afastamento do centro de um ladrilho
D	Diagonal de um ladrilho
ΔS	Afastamento do centro de um dos lados de um ladrilho
ΔW	Afastamento do quarto canto de um ladrilho em relação ao plano definido pelos outros três

Absorção de água

m_1	Massa do ladrilho seco (g)
m_{2b}	Massa do ladrilho húmido, impregnado pelo método de ebulição (g)
m_{2v}	Massa do ladrilho húmido, impregnado pelo método de imersão sob vácuo (g)
m_3	Massa obtida por pesagem hidrostática dos ladrilhos impregnados sob vácuo (g)
E_b	Penetração de água nos poros facilmente acessíveis (%)
E_v	Penetração de água na maior parte dos poros abertos (%)
V	Volume exterior (cm ³)
V_0	Volume de poros abertos (cm ³)
V_i	Volume de porção impermeável (cm ³)
P	Porosidade aparente (%)
T	Densidade relativa aparente
B	Massa volúmica global de um ladrilho (g/cm ³)

Resistência à flexão e módulo de ruptura

F	Carga de ruptura (N)
L	Afastamento entre roletes de apoio (mm)
d	Diâmetro do rolo (mm)
t	Espessura da borracha (mm)
l	Distancias entre os pontos de apoio e as extremidades do ladrilho (mm)
b	Largura do provete (mm)
h	Espessura mínima do provete, medida depois do ensaio no bordo de ruptura (mm)

- S Resistência à flexão (N)
 R Módulo de ruptura (N/mm^2)

Resistência ao impacto

- e Coeficiente de restituição
 v Velocidade inicial (ressalto)
 u Velocidade de aproximação
 m Massa da esfera (g)
 h_2 Altura de ressalto (cm)
 g Aceleração da gravidade ($= 981 \text{ cm/s}^2$)
 h_1 Altura de queda (cm)
 u_0 Velocidade no ponto de máximo ressalto (= zero)
 t É igual a $T/2$, em que T é o intervalo de tempo em segundos
 T Intervalo de tempo (s)

Resistência à abrasão profunda para ladrilhos não vidrados

- V Volume de material arrancado (mm^3)
 α Ângulo, em graus, determinado pela corda no centro do disco rotativo
 h Espessura do disco rotativo (mm)
 d Diâmetro do disco rotativo (mm)
 L Comprimento da corda (mm)

Dilatação linear de origem térmica

- α_l Coeficiente de dilatação de origem térmica ($10^{-6}/^\circ\text{C}$)
 L_0 Comprimento do provete de ensaio à temperatura ambiente
 ΔL Aumento de comprimento do provete de ensaio entre a temperatura ambiente e os 100°C
 Δt Subida de temperatura

Dilatação com a humidade

- Δl Diferença entre os dois valores médios (mm)
 L Comprimento inicial médio do provete (mm)

Resistência ao gelo

- E_1 Absorção inicial de água (%)
 E_2 Absorção final de água (%)
 m_1 Massa de cada ladrilho seco

- m_2 Massa de cada ladrilho húmido
- m_3 Massa de cada ladrilho húmido depois do ensaio
- m_4 Massa de cada ladrilho seco depois do ensaio

Libertação de chumbo e de cádmio – ladrilhos vidrados

- M Metal extraído (Pb ou Cd)
- $\rho(M)$ Concentração do metal M, no extracto (mg/L)
- V Volume de ácido acético adicionado ao ladrilho (mm)
- A Área da superfície ensaiada (dm²)

Pequenas diferenças de cor

- λ Comprimento de onda (nm)

Colas e argamassas de juntas para ladrilhos cerâmicos

Tensão de aderência

- A_s Força de aderência à tracção (N/mm²)
- L Carga total (N)
- A Área de colagem (mm²)

Resistência química

- ΔW Variação de peso (%)
- W Peso do provete após imersão (g)
- C Peso do provete após condicionamento inicial (g)
- ΔD Variação de diâmetro (%)
- D_2 Diâmetro do provete após o período de exposição (mm)
- D_1 Diâmetro do provete após condicionamento inicial (mm)
- ΔS Variação do valor da resistência de compressão (%)
- S_2 Carga calculada por área de secção recta do provete após período de exposição (MPa)
- S_1 Carga calculada por área de secção recta do provete após período de condicionamento (MPa)

Resistência à abrasão de argamassas de juntas

- V Volume de material arrancado (mm³)
- d Diâmetro do disco rotativo (mm)

- h Espessura do disco rotativo (mm)
- α Ângulo, em graus, determinado pela corda no centro do disco rotativo
- L Comprimento da corda (mm)

Resistência à flexão e à compressão de argamassas de juntas

- R_f Resistência à flexão (N/mm^2)
- b Comprimento do lado da secção quadrada do prisma (mm)
- F_f Carga aplicada ao meio do prisma até à fractura (N)
- L Distância entre os suportes (mm)
- R_c Resistência à compressão (N/mm^2)
- F_c Carga máxima até à fractura (N)
- 1600 Área das placas ou de placas auxiliares (mm^2)

Absorção de água de argamassas de juntas

- W_{mt} Absorção de água do provete de argamassa de junta (g)
- m_d Massa dos provetes secos (g)
- m_t Massa dos provetes após imersão (g)

CAPÍTULO 1

1. INTRODUÇÃO

1.1. Considerações Gerais

A normalização surge como uma ferramenta essencial na procura da melhoria da adequação dos processos, componentes, produtos e serviços para os quais foram concebidos, eliminando obstáculos ao comércio, facilitando assim a relação entre fornecedor e cliente, tornando-se um instrumento de grande ascensão na construção desde a implementação da Directiva Comunitária dos Produtos de Construção (DPC), 89/106/CEE [D2].

O conhecimento das características dos diferentes materiais que constituem o sistema de revestimento cerâmico colado é fundamental para a classificação e marcação CE, sendo esta classificação indispensável na selecção do material que melhor se adequa à utilização pretendida pelo consumidor.

Os sistemas de revestimento cerâmico colados ao suporte são compostos basicamente pelos ladrilhos cerâmicos, colas e argamassas de juntas (produto de preenchimento das juntas entre ladrilhos). Tratando-se de materiais de construção, tem como enquadramento regulamentar o *Regulamento (UE) N.º 305/2011, estabelecendo condições harmonizadas para a comercialização dos produtos de construção revogando a Directiva 89/106/CEE do Conselho* [D1]. Este Regulamento prevê a utilização de “especificações técnicas harmonizadas para avaliação do desempenho dos produtos de construção. Tais especificações técnicas harmonizadas deverão incluir ensaios, cálculos e outros meios, definidos no âmbito de normas harmonizadas e de documentos de avaliação europeus, para avaliar o desempenho dos produtos de construção em função das suas características essenciais” [D1].

As normas europeias harmonizadas de referência para os ladrilhos cerâmicos, colas e argamassas de junta são: *NP EN 14411* [N1], *NP EN 12004* [N2] e a *EN 13888* [N3], respectivamente. Estas normas definem uma terminologia, especificando requisitos e critérios de marcação, remetendo para outras normas, métodos de ensaios para avaliação das características essenciais para a marcação CE destes produtos. Assim sendo, quando os produtos se revelam estar

em conformidade com as referidas normas, garantem a capacidade de desempenho das suas funções, segundo os critérios declarados.

A presente dissertação não dispensa nem substitui de forma alguma a consulta das normas mencionadas. Não tendo como objectivo elaborar um relatório de ensaio científico, o método adoptado para o tratamento dos resultados tem em vista a determinação das características que permitem alcançar as exigências e requisitos a atribuir, de modo a interpretar e justificar essas mesmas características.

1.2. Objectivos e Metodologia

Este trabalho têm como principal objectivo apresentar uma compilação actualizada da normalização europeia e nacional, de modo a justificar e interpretar os respectivos ensaios e procedimentos para a determinação das propriedades físicas, químicas e mecânicas dos pavimentos e revestimentos cerâmicos, colas e argamassas de juntas, assim como as exigências e/ou critérios para classificação aplicáveis, segundo a normalização integrada no acervo normativo nacional, com o intuito de aprofundar os conhecimentos destes materiais de construção, e de todos os ensaios que os definem. São ainda apresentadas todas as características essenciais e tarefas a cumprir para a marcação CE dos produtos.

A metodologia de investigação adoptada para a elaboração do presente trabalho envolveu uma pesquisa em motores de busca da biblioteca do Instituto Português da Qualidade (IPQ) de todas as normas em vigor, integradas no acervo normativo nacional, relativas a pavimentos e revestimentos cerâmicos, colas e argamassas de juntas.

Para uma melhor integração no âmbito deste trabalho investigou-se sobre o que consiste a normalização, o que é a marcação CE e quais os meios previstos para a sua marcação, assim como quais as características e métodos de aplicação do sistema de revestimento cerâmico colado.

De forma a obter esclarecimentos com peritos no âmbito do objecto de estudo, foram realizadas visitas ao Centro Tecnológico da Cerâmica e do Vidro (CTCV) – Organismo de Normalização Sectorial (ONS) nos sectores da cerâmica e do vidro.

1.3. Organização e estrutura do texto

O presente trabalho encontra-se subdividido em sete capítulos distintos.

No presente capítulo (*Capítulo 1 – Introdução*) faz-se uma breve introdução ao tema, descrevendo-se a organização, estrutura e metodologia da dissertação, assim como os principais objectivos a atingir com o presente estudo.

No segundo capítulo (*Capítulo 2 – Normalização e marcação CE dos produtos de construção*) é feita uma breve descrição acerca da importância da normalização e da sua integração no acervo normativo nacional, seguindo-se uma apresentação dos principais aspectos para a marcação CE dos produtos de construção e sistemas de avaliação da conformidade.

No terceiro capítulo (*Capítulo 3 – Sistema de revestimento cerâmico colado*) faz-se uma descrição dos materiais constituintes do sistema de revestimento cerâmico colado (ladrilhos cerâmicos, colas e argamassas para juntas), descrevendo-se a tecnologia de aplicação deste tipo de sistema.

No quarto capítulo (*Capítulo 4 – Pavimentos e revestimentos cerâmicos*) é realizada uma descrição exaustiva de todos os métodos de ensaio, características e critérios de aceitação e/ou classificação aplicável, de acordo com a normalização em vigor integrada no acervo normativo nacional sobre os pavimentos e revestimentos cerâmicos. No final deste capítulo, são apresentados os procedimentos e considerações a tomar para a marcação CE dos produtos de acordo com os sistemas de avaliação da conformidade aplicáveis.

O quinto capítulo (*Capítulo 5 – Colas e argamassas de juntas para ladrilhos cerâmicos*) apresenta a mesma estrutura do capítulo anterior, sendo que neste capítulo é realizado uma descrição exaustiva de todos os métodos de ensaios, características e critérios de aceitação e/ou classificação aplicável, de acordo com a normalização em vigor integrada no acervo normativo nacional sobre colas e argamassas de juntas de ladrilhos cerâmicos. No final deste capítulo, são apresentados os procedimentos e considerações a tomar para a marcação CE dos produtos de acordo com os sistemas de avaliação da conformidade aplicáveis.

No sexto capítulo (*Capítulo 6 – Apreciação das normas*) são sintetizados todas as normas abordadas nos capítulos anteriores de forma a descrever a importância de cada uma, identificando discrepâncias encontradas.

Por fim, no sétimo capítulo (*Capítulo 7 – Considerações finais*) apresentam-se as considerações finais da dissertação. Por último, segue-se um subcapítulo acerca do que está actualmente a ser desenvolvido ao nível da normalização no âmbito dos ladrilhos cerâmicos, colas e argamassas de juntas.

CAPÍTULO 2

2. NORMALIZAÇÃO E MARCAÇÃO CE DOS PRODUTOS DE CONSTRUÇÃO

2.1. Normalização

De acordo com a norma *NP EN 45020:2009 – Normalização e actividades correlacionadas. Vocabulário geral* – normalização é definida como, “actividade destinada a estabelecer, face a problemas reais ou potenciais, disposições para a utilização comum e repetida, tendo em vista a obtenção do grau óptimo de ordem, num determinado contexto. A normalização proporciona importantes benefícios, nomeadamente através da melhoria da adequação dos produtos, processos e serviços aos fins para que foram concebidos, eliminando obstáculos ao comércio e facilitando a cooperação tecnológica” [N4].

Os objectivos gerais da normalização resultam na procura da definição, unificação e da simplificação, de forma racional, quer dos produtos acabados, quer dos elementos que se utilizam para os produzir, através do estabelecimento de documentos denominados Normas. O termo definição significa, a pretensão de conseguir apresentar algo de forma precisa por meio de palavras. Já os termos unificação e simplificação tem o objectivo de reduzir as variedades dos materiais, das ferramentas e operações do processo produtivo e ainda dos produtos acabados.

Segundo a norma *NP EN 45020*, “os objectivos da Normalização decorrem da sua própria definição, podendo ter um ou mais objectivos específicos, nomeadamente” [N4]:

- Aptidão ao uso: capacidade de um produto, processo ou serviço para satisfazer um fim definido em condições específicas;
- Compatibilidade: aptidão de produtos, processos ou serviços para serem utilizados em conjunto, em condições específicas, para satisfazer os requisitos em causa sem interacções inaceitáveis;
- Intermutabilidade: capacidade de um produto, processo ou serviço de ser usado em vez de outro para satisfazer os mesmos requisitos;
- Gestão da diversidade: escolha do número óptimo de dimensões ou tipos de um produto, processo ou serviço para satisfazer as necessidades predominantes;

- Segurança: ausência de risco de dano inaceitável;
- Protecção do ambiente: preservação do ambiente de danos inaceitáveis devidos aos efeitos e à utilização de produtos, processos e serviços;
- Protecção do produto: protecção de um produto contra condições climáticas ou outras condições adversas, durante a sua utilização transporte ou armazenamento.

Sintetizando, a Normalização é uma actividade voluntária, baseada no consenso entre as partes interessadas num espírito de abertura, desenvolvida no seio dos Organismos de Normalização, independentes e reconhecidos, tendo como principal objectivo a elaboração de Normas.

Para além disso, as vantagens mais significativas, que resultam dessa actividade podem ser enumeradas, resumidamente como [I1] [L1]:

- O fornecimento de meio de comunicação entre todas as partes interessadas;
- A simplificação e a redução do tempo de projecto;
- A economia de matérias-primas;
- A economia de tempos de produção;
- Uma melhor organização e coordenação do processo produtivo;
- A protecção dos interesses dos consumidores, através da garantia de uma adequada qualidade dos bens e dos serviços, desenvolvida de forma coerente;
- Uma melhor especificação dos produtos a vender e a encomendar, evitando-se as amostras;
- Uma maior economia resultante da fácil intermutabilidade das peças;
- A promoção da qualidade de vida: segurança, saúde e protecção do ambiente;
- A promoção do comércio, através da supressão dos obstáculos originados pelas diferentes práticas nacionais.

2.1.1. Organismos de Normalização

Segundo a norma *NP EN 45020*, um Organismo de Normalização é um “Organismo com actividades normativas, reconhecido a nível nacional, regional ou internacional, que por força dos seus estatutos, tem como principal função a preparação, aprovação ou a adopção de normas que são postas à designação do público” [N4].

De forma sintetizada os Organismos de Normalização subdividem-se em três tipos: internacionais, regionais (europeus) e nacionais, representando a extensão geográfica, política ou económica da Normalização.

2.1.1.1. Organismos Internacionais de Normalização (ISO)

De acordo com a *NP EN 45020*, uma Normalização Internacional, resume-se numa “Normalização na qual se podem envolver os organismos relevantes de todos os países” [N4].

Existem várias Organizações Internacionais de Normalização (OIN), onde a participação é aberta a todos os organismos de normalização nacionais existentes no mundo. Entre as principais Organizações Internacionais de Normalização destacam-se a ISO (*International Organization for Standardization*) – normas ISO, e a IEC (*International Electrotechnical Commission*) – normas IEC. Neste subcapítulo apenas se abordará o organismo internacional ISO, visto ser este o organismo que elabora normas ligadas ao ramo da construção.

A Organização Internacional de Normalização (ISO) foi criada em 1947, tornando-se a maior associação mundial de organismos nacionais, onde actualmente estão representados cerca de 163 países (dados de 2012), sendo Portugal um desses países. A ISO, sendo a sua designação derivada do grego *isos*, que significa “igual”, consiste numa organização não-governamental, que em regime voluntário se dedica à produção de normas técnicas, com sede em Genebra – Suíça. Por sua vez, essas normas técnicas, são realizadas por Comitês Técnicos (TC), que abrangem diversos domínios de normalização, excepto os da electrotecnia e electrónica.

2.1.1.2. Organismos Regionais de Normalização (CEN)

Segundo a *NP EN 45020*, uma Normalização Regional, resume-se numa “Normalização na qual se podem envolver os organismos relevantes de países de uma única área geográfica, política ou económica do mundo” [N4].

Tal como nos Organismos Internacionais de Normalização, existem vários Organismos Europeus de Normalização (OEN), destacando-se a CEN (*Comité Européen de Normalisation*) – normas EN, e a CENELEC (*Comité Européen de Normalisation Electrotechnique*). Tal como no subcapítulo anterior, neste subcapítulo apenas se abordará o organismo CEN, visto ser este o organismo europeu ligado ao ramo da construção.

O Comité Europeu de Normalização (CEN) foi criado em 1961, onde actualmente é um organismo composto por 31 organismos nacionais de normalização (dados de 2012), do qual promove a harmonização voluntária de normas técnicas na Europa, designadas por “EN”. Tal como acontece na ISO, os trabalhos técnicos são executados em geral por comissões técnicas (CEN/TC), que abrangem diversos domínios de normalização, sendo a comissão técnica responsável por ladrilhos cerâmicos, colas e argamassas de juntas, a CEN/TC 67 – *Ceramic tiles* [I2].

Os membros constituintes do CEN são os Organismos Nacionais de Normalização dos seguintes países: Alemanha, Áustria, Bélgica, Bulgária, Chipre, Dinamarca, Eslováquia, Eslovénia, Espanha, Estónia, Finlândia, França, Grécia, Hungria, Irlanda, Islândia, Itália, Letónia, Lituânia, Luxemburgo, Malta, Noruega, Países Baixos, Polónia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Roménia, Suécia e Suíça.

No sentido de facilitar a sincronização das tarefas ISO/CEN, foi estabelecido um acordo de cooperação ISO/CEN, designado por “*Acordo de Viena*”. Neste sentido, a ISO pode nomear um representante para a comissão do CEN e vice-versa, assegurando assim, sempre que possível, que as normas internacionais e as normas europeias sejam compatíveis ou idênticas.

2.1.1.3. Organismos Nacionais de Normalização (IPQ)

De acordo com a *NP EN 45020*, um “Organismo Nacional de Normalização (ONN) é um organismo de normalização reconhecido a nível nacional, que reúne as condições para se tornar o membro nacional das correspondentes organizações internacionais e regionais de normalização” [N4]. No Quadro 2.1, são mencionados alguns exemplos de Organismos Nacionais de Normalização reconhecidos nos seus respectivos países.

Quadro 2.1 - Exemplos de organismos nacionais de normalização [L5]

Alemanha	Deutsches Institut für Normung (DIN)
Argentina	Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM)
Brasil	Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT)
Canadá	Standards Council of Canada (SCC)
Espanha	Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR)
Portugal	Instituto Português da Qualidade (IPQ)

De forma sistematizada, os Organismos Nacionais de Normalização (ONN) são responsáveis pela participação nacional na normalização europeia e internacional, assim como pela gestão dos processos de votação, aprovação e publicação de documentos normativos. O Organismo Nacional de Normalização que representa Portugal é o Instituto Português da Qualidade (IPQ) – Organismo Nacional responsável pela gestão e desenvolvimento do Sistema Português da Qualidade (SPQ)¹ [D1], competindo-lhe assegurar as ligações com os organismos de normalização europeus e internacionais referidos anteriormente.

Compete ao IPQ homologar as Normas Portuguesas produzidas pelas Comissões Técnicas, podendo estas normas serem versões portuguesas de normas europeias ou internacionais, assim como normas portuguesas propostas por uma Comissão Técnica Portuguesa (CT).

2.1.2. Estrutura de Normalização em Portugal

Fazem parte da estrutura de normalização em Portugal o ONN (Organismo Nacional de Normalização, ou seja o IPQ), os diferentes ONS (Organismos de Normalização Sectorial) e as diferentes CT's (Comissões Técnicas Portuguesas de Normalização).

¹ Sistema Português da Qualidade (SPQ) – criado pelo Decreto-Lei n.º 234/93, de 2 de Julho [D3] e revisto pelo Decreto-Lei n.º 4/2002, de 4 de Janeiro [D4], assume-se como uma estrutura que engloba, de forma integrada, as entidades que congregam esforços para a dinamização da qualidade em Portugal e que assegura a coordenação dos três subsistemas – da normalização, da qualificação e da metrologia, com vista ao desenvolvimento sustentado do País e ao aumento da qualidade de vida da sociedade em geral [I3].

Um Organismo de Normalização Sectorial (ONS) é um organismo público, privado ou misto, reconhecido pelo ONN para exercer actividades de normalização num dado domínio, nomeadamente a coordenação de Comissões Técnicas de Normalização (CT's).

Os Organismos de Normalização Sectorial (ONS) têm como principais funções [L2]:

- Coordenar o trabalho das Comissões Técnicas de Normalização (CT's);
- Preparar os planos de normalização;
- Divulgar as actividades normativas do seu sector;
- Esclarecimentos normativos sobre as áreas que são afectadas.

Actualmente existem 56 Organismos de Normalização Sectorial (ONS) em Portugal (dados de 2012). Entre os principais Organismos de Normalização Sectorial em Portugal destaca-se o Centro Tecnológico da Cerâmica e do Vidro (CTCV), responsável pela promoção da inovação e do desenvolvimento das capacidades técnicas e tecnológicas das indústrias e serviços relacionadas com a cerâmica e o vidro.

Segundo o Manual de Normalização do IPQ, as Comissões Técnicas (CT) de normalização são parte integrante de todas as organizações nacionais, regionais e internacionais criadas pelo Organismo Nacional de Normalização (ONN). A CT é um órgão técnico que visa a elaboração de normas nacionais e a emissão de pareceres normativos e, no qual participam, em regime voluntário, entidades interessadas nas matérias em causa [L2].

2.1.3. Normas Portuguesas – Procedimentos para a sua aprovação

2.1.3.1. Homologação de Normas Portuguesas

Uma Norma Portuguesa resulta da elaboração de um documento (anteprojecto de Norma Portuguesa) por parte de uma Comissão Técnica Portuguesa de Normalização (CT), que passará constantemente pelas fases de projecto, inquérito público e aprovação, até obtenção de condições e procedimentos da normalização portuguesa.

Depois de garantido que foram cumpridos todos os procedimentos aplicáveis, o ONN (neste caso, o IPQ) aprova os projectos de Norma Portuguesa como NP, passando a integrar o acervo normativo nacional.

2.1.3.2. Revisão de Normas Portuguesas

Sempre que uma Norma Portuguesa se revele inadequada, poderá proceder-se à sua anulação ou dar-se início a um processo de revisão.

2.1.3.3. Integração de Normas Internacionais e Europeias

A integração de normas internacionais e europeias é da responsabilidade de cada ONN, sendo realizada pelos mesmos procedimentos utilizados para a aprovação das normas nacionais, desde que sejam cumpridas as metodologias utilizadas por aqueles organismos.

2.1.3.4. Divulgação

O ONN (neste caso, o IPQ) promove a publicação a nível nacional, através de listas mensais, das normas que sejam acrescentadas ao acervo normativo nacional e das que sejam anuladas ou revistas.

2.1.4. Desenvolvimento do processo normativo a nível Europeu

Uma norma europeia (EN) é um documento normativo posto à disposição do público pelo CEN/CENELEC nas três línguas oficiais (Francês, Inglês e Alemão). Para a elaboração de uma norma europeia é necessário um inquérito público, seguido de uma aprovação mediante voto ponderado dos membros nacionais do CEN/CENELEC. A proposta deve ser adoptada se 71 % ou mais dos votos ponderados expressos por países membros do EEE (Espaço Económico Europeu), em que Portugal é membro, são a favor.

As normas europeias emitidas pelo CEN devem integrar obrigatoriamente no acervo normativo nacional, em todos os países membros do CEN. A integração destas normas (EN) poderá ser feita por adopção, integrando directamente no acervo normativo nacional sem qualquer tradução, ou por homologação quando traduzidas para português (NP EN) sendo posteriormente anunciada a nível nacional e adoptada ou homologada como norma nacional idêntica, o que implica a anulação de qualquer norma nacional divergente.

2.1.5. Desenvolvimento do processo normativo a nível Internacional

A integração de uma norma internacional (ISO) é sempre da responsabilidade de cada Organismo Nacional de Normalização (ONN). Em Portugal o ONN (ou seja, o IPQ) em regra não integra no acervo normativo nacional as normas ISO em inglês. Estas primeiro devem ser homologadas e só depois integradas no acervo normativo nacional, como norma NP ISO. Caso a norma seja elaborada em conjunto pela ISO e pelo CEN, ou elaborada pela ISO e depois aprovada e adoptada pelo CEN através do “Acordo de Viena” a norma terá o formato EN ISO, sendo assim obrigada pelo IPQ a integrar no acervo normativo nacional podendo ser homologada, tornando-se numa NP EN ISO.

2.1.6. Norma

Existem vários tipos de normas, dependendo da sua tipologia e do seu conteúdo. De acordo com a *NP EN 45020*, uma norma é um “documento, estabelecido por consenso e aprovado por um organismo reconhecido, que define regras, linhas de orientação ou características para actividades ou seus resultados, destinados a utilização comum e repetida, visando atingir um grau óptimo de ordem, num dado contexto. As normas deverão basear-se em resultados consolidados da ciência, da tecnologia e da experiência e ter em vista a optimização dos benefícios para a comunidade” [N4].

De forma sintetizada, as normas definem, regras, linhas directrizes ou características, para actividades ou serviços, registadas em documentos de aplicação voluntária, podendo, tornar-se de cumprimento obrigatório se for expressa em legislação que determine o seu cumprimento.

A utilização de normas dá, aos consumidores, uma determinada garantia de qualidade dos respectivos bens ou serviços, tornando-se hoje em dia, um documento importante nas relações industriais e comerciais.

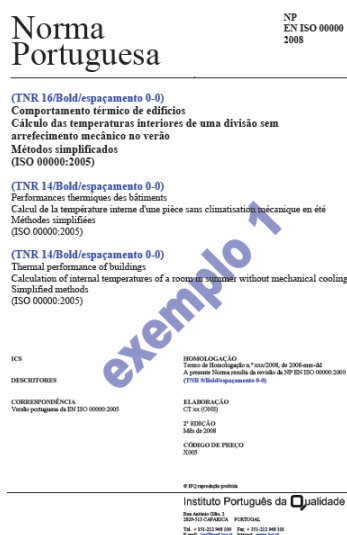


Figura 2.1 – Exemplo da folha de rosto de uma norma portuguesa [I3]

2.1.6.1. Identificação da origem das Normas

Dependendo do organismo que a publica, as normas terão designações diferentes, sendo a sua configuração básica baseada na sigla do organismo que a adopta, sigla do organismo que a emite, número e o ano de publicação, por esta ordem. De seguida, apresentam-se exemplos de designação de normas e a designação correspondente [N4].

EN	Norma Europeia elaborada pelo CEN
EN ISO	Norma Europeia elaborada em conjunto pelo CEN e ISO ou elaborada pela ISO e adoptada pelo CEN
ENV	Pré-Norma Europeia
ISO	Norma Internacional elaborada pela ISO
NP	Norma Portuguesa actualmente elaborada pelo IPQ
NP EN	Versão portuguesa de uma norma EN
NP EN ISO	Versão portuguesa de uma norma EN ISO
NP ISO	Versão portuguesa de uma norma ISO

2.2. Marcação CE dos Produtos de Construção

A existência de normas e regulamentos nacionais nos diferentes países membros da União Europeia constituía um obstáculo à respectiva comercialização. Para ultrapassar essas barreiras técnicas à livre circulação de mercadorias foi necessário criar um conjunto de medidas orientadas a harmonizar quer as normas e os regulamentos nacionais, quer as regras de avaliação da conformidade dos produtos. Nessa perspectiva foi estabelecida uma nova regulamentação, destacando-se a relativa à “Nova Abordagem²” ou seja, à harmonização dos procedimentos de avaliação da conformidade e à “Marcação CE”.

Segundo a Directiva³ dos Produtos de Construção (DPC), a aposição da marcação CE (abreviatura de “Conformidade Europeia”) a um produto de construção indica a conformidade com as especificações técnicas aplicáveis, comprovada através de procedimentos apropriados, conferindo-lhe aptidão ao uso, o que lhe permite circular livremente no Espaço Económico Europeu (EEE), excepto se existirem suspeitas fundadas de que não cumpre aquelas disposições.

A marcação CE é da responsabilidade do fabricante, aplicando-se apenas a produtos abrangidos pelas Directivas da Nova Abordagem [D5] que, definindo as exigências essenciais a satisfazer pelos produtos, visam essencialmente a segurança, a saúde e a protecção do ambiente, remetendo para especificações técnicas as características e requisitos a assegurar.

As especificações técnicas referidas anteriormente, que estão na base da marcação CE para os produtos de construção, são basicamente de dois tipos: Normas Europeias harmonizadas e Aprovações Técnicas Europeias (ETA).

² Nova Abordagem – é a expressão por que é conhecida a Resolução do Conselho de Ministro, de 7 de Maio de 1985, segundo o qual as directivas passam a referir os requisitos essenciais de saúde, segurança e bem-estar da sociedade, de protecção do meio ambiente que os produtos devem cumprir e as formas de comprovação da conformidade com esses requisitos. As directivas elaboradas de acordo com esta resolução são comumente designadas por “Directivas Nova Abordagem” [I3].

³ Directivas – fazem parte dos instrumentos jurídicos de que as instituições europeias dispõem para aplicarem as políticas europeias. Trata-se de um instrumento utilizado principalmente no âmbito da harmonização das legislações nacionais. A directiva é caracterizada pela sua flexibilidade de utilização [I4].

De acordo com o LNEC, a “Directiva Comunitária dos Produtos de Construção (DPC) – Directiva 89/106/CEE, de 21 de Dezembro de 1988 [D2], alterada pela Directiva 93/68/CEE, de 22 de Julho de 1993 [D6] – é uma das mais importantes das Directivas da Nova Abordagem, e foi criada com o objectivo de enquadrar o funcionamento do mercado interno europeu dos produtos da construção, estabelecendo condições para a sua livre circulação no EEE” [I5].



Figura 2.2 – Símbolo de Marcação CE [I5]

De forma sistematizada, a marcação CE, sendo obrigatória, sobrepõe-se aos sistemas de certificação dos produtos actualmente em vigor. Não é uma garantia de qualidade, como a marca “Produto Certificado”, mas sim de que o produto se apresenta em conformidade com as especificações técnicas aplicáveis e que cumprem as exigências definidas na Directiva dos Produtos de Construção [D2] permitindo um “livre-trânsito” para a circulação no mercado europeu.

Com vista a simplificar as medidas em vigor foi criado o *Regulamento (UE) N.º 305/2011, estabelecendo condições harmonizadas para a comercialização dos produtos de construção revogando a Directiva 89/106/CEE do Conselho* [D1]. Segundo o artigo 66.º no ponto 2 deste Regulamento “Os fabricantes podem fazer a declaração de desempenho com base num certificado de conformidade ou numa declaração de conformidade emitidos antes de 1 de Junho de 2013 nos termos da Directiva 89/106/CEE” [D1]. Assim sendo, este Regulamento apenas será aplicável a todos os produtos de construção a partir de 1 de Junho de 2013, seguindo as mesmas directrizes da Directiva 89/106/CEE [D2], remetendo a utilização de “especificações técnicas harmonizadas para avaliação do desempenho dos produtos de construção. Tais especificações técnicas harmonizadas deverão incluir ensaios, cálculos e outros meios, definidos no âmbito de normas harmonizadas e de documentos de avaliação europeus, para avaliar o desempenho dos produtos de construção em função das suas características essenciais” [D1].

2.2.1. Directiva dos Produtos de Construção (DPC)

A Directiva dos Produtos de Construção (DPC) é umas das Directivas da Nova Abordagem publicada pela Comissão Europeia com vista a criar condições para a livre circulação dos produtos de construção no EEE. Segundo a DPC, entende-se por produtos de construção todo e qualquer produto destinado a ser incorporado ou aplicado, de forma permanente, nas obras de construção.

Segundo a DPC, “para serem colocados no mercado, os produtos de construção, devem estar aptos ao uso a que se destinam, devendo por isso apresentar características tais que as obras onde venham a ser incorporados satisfaçam às seguintes exigências essenciais” [I5] [D2]:

- Resistência mecânica e estabilidade;
- Segurança em caso de incêndio;
- Higiene, saúde e protecção do ambiente;
- Segurança na utilização;
- Protecção contra o ruído;
- Economia de energia e isolamento térmico.

2.2.2. Normas Harmonizadas

De acordo com a *NP EN 45020:2009*, normas harmonizadas são “normas relativas ao mesmo assunto, aprovadas por diferentes organismos com actividades normativas, que asseguram a intermutabilidade de produtos, processos e serviços, ou o entendimento mútuo dos resultados de ensaios ou da informação fornecida de acordo com estas normas. As normas harmonizadas poderão, no entanto, ter diferenças na apresentação e mesmo de conteúdo, por exemplo, nas notas explicativas, nas indicações relativas ao modo de satisfazer os requisitos da norma e nas preferências em caso de alternativas ou variedades” [N4].

As normas harmonizadas são normas europeias (EN) elaboradas pelo CEN, que especificam as características que os produtos têm que possuir para a obtenção da marcação CE. Em todas as normas harmonizadas elaboradas no âmbito da DPC inclui-se um Anexo informativo ZA, no qual se identificam os requisitos objecto de regulamentação e as cláusulas que dão resposta às exigências essenciais e que fundamentam a marcação CE. Este Anexo ZA é a parte harmonizada da norma, obrigatória para efeitos de marcação CE, indicando o sistema de comprovação da conformidade.

Salienta-se que a marcação CE para uma dada família de produtos coberta por uma Norma Europeia harmonizada só é possível após a publicação da referência da norma no Jornal Oficial da União Europeia (JOUE) [I6].

No caso de existir regulamentação num Estado Membro, os valores devem ser determinados e declarados na marcação CE desse Estado Membro. Porém, se determinada propriedade não for regulamentada e sujeita a limites de aceitação/rejeição num Estado Membro, é opcional a determinação e declaração desse valor. Nesse caso, relativamente a essa característica, a etiquetagem para a marcação CE apresenta a sigla DND (“desempenho não determinado”) ou NPD (“*no performance determined*”).

2.2.3. Aprovação Técnica Europeia (ETA – *European Technical Approval*)

A Aprovação Técnica Europeia (ETA) consiste numa especificação técnica que comprova a aptidão ao uso de um determinado produto, estabelecida com base nas exigências essenciais das obras de construção onde esse produto venha a ser incorporado, destinando-se quer aos produtos inovadores para os quais não existam normas europeias harmonizadas publicadas, quer para os produtos que se afastem significativamente daquelas normas.

Uma vez emitida, a ETA têm um período de validade de cinco anos e são publicadas por organismos designados para o efeito pelos respectivos Estados Membros, os quais se agrupam na Organização Europeia de Aprovação Técnica (EOTA – *European Organization for Technical Approvals*) [17]. Portugal encontra-se representado na EOTA pelo LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil [15].

2.2.4. Sistemas de Avaliação da Conformidade

De acordo com a Directiva dos Produtos de Construção [D2], os procedimentos definidos com vista a garantir a conformidade dos produtos com as especificações técnicas aplicáveis traduzem-se em seis sistemas de comprovação da conformidade distintos: 1+, 1, 2, 2+, 3 e 4.

Segundo a DPC [D2], o comprovativo da conformidade pode ser emitido pelo próprio fabricante ou por um organismo notificado, dependendo do sistema de comprovação que estiver definido para o produto em causa. No Quadro 2.2 estão apresentados todos os sistemas de avaliação da conformidade para a marcação CE.

Quadro 2.2 – Sistema de comprovação da conformidade para a marcação CE

Entidade	Fabricante	Sistema					
		1+	1	2+	2	3	4
Fabricante	✓ Controlo de produção da fábrica	F	F	F	F	F	F
	✓ Ensaio inicial do produto			F	F		F
	✓ Ensaio de amostras colhidas na fábrica de acordo com um programa de ensaios previamente estabelecido	F	F	F			
Organismo Notificado	✓ Ensaio inicial do produto	C/L	C/L			L	
	✓ Inspeção inicial da fábrica e do controlo interno de produção	C/I	C/I	I	I		
	✓ Fiscalização, apreciação e aprovação contínuas do controlo de produção de fábrica	C/I	C/I	I			
	✓ Ensaio aleatório de amostras colhidas na fábrica, no mercado ou no local da obra	C/I					
Base para a Marcação CE		a)		b)		c)	

Notas:

- a) Declaração de conformidade pelo fabricante com base num certificado de conformidade do produto
- b) Declaração de conformidade pelo fabricante com base num certificado de conformidade do controlo interno da produção
- c) Declaração de conformidade pelo fabricante

Legenda: F – Fabricante; L – Laboratório; I – Organismo de Inspeção; C – Organismo de Certificação

Numa análise resumida desta tabela, destacam-se os seguintes aspectos:

- O sistema 1+ é o mais exigente, pois necessita da intervenção de um organismo notificado para certificação da conformidade do produto com base na realização de ensaios iniciais ao produto, avaliação inicial do sistema de controlo da produção do fabricante e acompanhamento através da realização de ensaios e avaliação do controlo da produção da fábrica. Enquanto o fabricante é responsável pelo controlo da produção da fábrica e pela realização de ensaios ao produto;
- O sistema 2+ é liderado pelo fabricante, que emite uma declaração de conformidade. Para isso este deve possuir um controlo da produção e realizar os ensaios periódicos ao produto na fábrica;
- O sistema 3 é apenas baseado numa declaração de conformidade, emitida pelo fabricante, após realização de ensaios iniciais num laboratório aprovado;
- O sistema 4 é o menos exigente, a responsabilidade das tarefas a realizar é exclusivamente do fabricante, enquanto nos restantes sistemas há sempre intervenção de um Organismo Notificado.

Todos os sistemas obrigam o fabricante a demonstrar que tem um sistema de controlo interno da produção, ou seja tem o processo de fabrico controlado.

Salienta-se que a definição do ou dos sistemas de comprovação a aplicar a cada família de produtos é objecto de uma Decisão da Comissão Europeia, publicada no JOUE [I6].

Em Portugal, a qualificação e notificação dos Organismos Notificados à Comissão Europeia é da responsabilidade do Instituto Português da Qualidade (IPQ).

A Comissão Europeia criou uma base de dados onde se encontram registados todos os Organismos Notificados designados pelos Estados Membros, com indicação, para cada um deles, da família de produtos a que se refere a notificação e da função por ele desempenhada. Esta base de dados é designada por NANDO (*New Approach and Designated Organizations*), disponibilizada no site para consulta pública [I8].

No Quadro 2.3 apresentam-se alguns exemplos das Decisões e dos sistemas nelas previstos, para as aplicações mais relevantes e alguns produtos na área da cerâmica e de cimentos [L3].

Quadro 2.3 – Exemplos de Decisões da Comissão relativas aos sistemas de comprovação da conformidade aplicados aos produtos cerâmicos e cimento [L3]

Decisão	Família de Produto	Uso previsto	Sistema
96/578/CE	Aplicações sanitárias	✓ Higiene pessoal	4
97/555/CE	Cimentos	✓ Preparação de betão	1+
97/808/CE	Revestimentos de piso	✓ Interior e exterior	4
98/437/CE	Acabamentos de paredes e tectos, interiores e exteriores	✓ Queda de objectos	3
		✓ Substâncias perigosas	
		✓ Outras aplicações	4
99/470/CE	Colas para ladrilhos	✓ Para interiores e exteriores	3

2.2.4.1. Organismos Notificados

Os Organismos Notificados são todos os laboratórios, organismos de inspecção ou organismos de certificação que se encontram registados junto da Comissão Europeia, no âmbito da marcação CE. Para que as regras de certificação sejam iguais em toda a Europa, todos os Organismos Notificados terão que ter os mesmos procedimentos. Com esse objectivo foi criado o Grupo de Organismos Notificados (GNB) que reúne periodicamente em Bruxelas e nos quais participa um organismo representante de cada Estado Membro.

CAPÍTULO 3

3. SISTEMA DE REVESTIMENTO CERÂMICO COLADO

3.1. Generalidades

Neste capítulo serão abordadas as técnicas de aplicação do sistema de revestimento cerâmico colado segundo as recomendações do Centro Tecnológico da Cerâmica e do Vidro (CTCV) e do documento técnico *CEN/TR 13548:2004 – General rules for the design and installation of ceramic tiling* [N5]. Serão referidos os métodos, materiais e aparelhos utilizados usualmente neste tipo sistema de revestimento, não tendo como objectivo averiguar a melhor solução de aplicação de sistemas de revestimento cerâmico colado.

Desde a antiguidade que os revestimentos cerâmicos são utilizados para revestir pisos e paredes. A vantagem da sua utilização reside principalmente nas suas características de durabilidade, facilidade de limpeza e do seu aspecto estético. Hoje em dia, para além do conforto físico, térmico e acústico, atribui-se elevada importância ao conforto visual, tornando o revestimento cerâmico bastante apelativo. Actualmente este tipo de solução de revestimento é utilizado em fachadas, paredes internas, pisos internos, pisos externos, calçadas públicas e piscinas.

Existem vários tipos de elementos de fixação de revestimentos cerâmicos, sendo a fixação com colas (adesivos) uma delas. Este tipo de fixação comparativamente com a utilização de argamassas tradicionais tem a vantagem de não precisar de grande espessura na sua utilização. Já relativamente à utilização de fixação mecânica, a acção do vento tem um forte impacto neste tipo de fixação comparativamente com a fixação por colas em que não é necessário contabilizar essa acção visto que as tensões geradas são bastante inferiores à resistência dos produtos de colagem [L3].

Existem várias técnicas de aplicação deste tipo de sistema de revestimento cerâmico colado, sendo que o tipo de suporte a sua característica geométrica, o tipo de movimento esperado e os desvios de planeza sejam factores relevantes para a escolha do melhor método de aplicação deste tipo de revestimento.

Normalmente, uma parede revestida por este sistema de revestimento cerâmico colado ao suporte é formada essencialmente por seis tipos de camadas de materiais diferentes: suporte,

chapisco, camada de base, cola (adesivo), ladrilho cerâmico e junta de assentamento (ver Figura 3.1). No entanto é possível adicionar outro tipo de camadas (por exemplo: camada de separação e reforço “rede em fibra de vidro”).

Legenda:

- 1 – Suporte
- 2 – Chapisco
- 3 – Camada de base
- 4 – Cola (adesivo)
- 5 – Ladrilho cerâmico
- 6 – Junta de assentamento

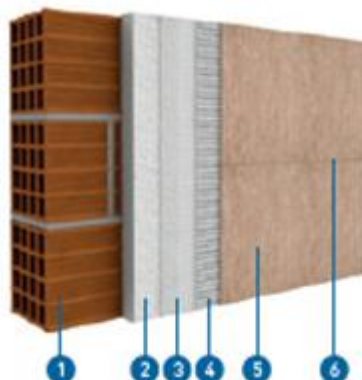


Figura 3.1 – Camadas do sistema de revestimento cerâmico colado ao suporte [19]

No caso de um pavimento a cola (adesivo) é aplicada normalmente sobre uma camada de rectificação (betonilha de regularização) instalada sobre o suporte existente.

Para o assentamento deste tipo de sistema de revestimento cerâmico colado é necessário respeitar as seguintes etapas:

- 1) Selecção dos materiais;
- 2) Selecção de ferramentas e utensílios;
- 3) Definição da espessura das juntas;
- 4) Preparação do suporte para o assentamento;
- 5) Aplicação do revestimento cerâmico e execução das juntas.

3.2. Selecção dos materiais

Os materiais necessários na execução de um sistema de revestimento cerâmico colado ao suporte, de um modo geral são:

a) Água:

- É fundamental para se desencadearem-se as reacções químicas no cimento, sendo fundamental na sua resistência física;
- A água utilizada quer seja na mistura das colas (adesivos) ou nas argamassas, deve estar limpa e não conter impurezas. Nunca se deve utilizar água salgada, pois o sal pode causar deteriorações nas colas e argamassas à base de cimento.

b) Argamassa para chapisco:

- O chapisco é a primeira camada fina e rugosa de argamassa aplicada em paredes ou tectos, facilitando a aplicação do revestimento posterior, garantindo maior aderência devido à sua superfície rugosa.

c) Argamassa para camada de base:

- A argamassa para a camada de base é aplicada sobre o chapisco, de forma a regularizar a superfície.

d) Cola:

- As colas, também denominadas por adesivos são utilizadas na colagem de peças cerâmicas de revestimento, tanto em paredes como em pisos. O tipo de cola a ser utilizado depende do ambiente em que o revestimento é utilizado;
- Deve-se procurar na embalagem das colas as seguintes características para aplicação em obra: tipologia da cola; condições de armazenamento; instruções e cuidados necessários de aplicação, quantidade de água de amassadura⁴ e outras propriedades (ver Quadro 3.1);
- O cimento-cola é o tipo de cola mais utilizado neste tipo de sistemas de revestimento cerâmico colado. As classes de cimentos-cola recomendadas para fixação de ladrilhos cerâmicos em fachadas são as apresentadas no Quadro 3.2 em função do revestimento a colar (natureza e área) e da altura da fachada.

Quadro 3.1 – Propriedades das colas a ter em conta na aplicação em obra [L3]

Designações	Definições
Tempo de vida útil	Tempo de armazém durante o qual uma argamassa mantém as suas propriedades
Tempo de repouso	Intervalo de tempo necessário desde a preparação até ao uso
Tempo de vida	Máximo intervalo de tempo até ao uso
Tempo aberto	Máximo intervalo de tempo para acabamento desde a aplicação
Tempo de presa	Intervalo de tempo a partir do fabrico das argamassas até começar a endurecer
Tempo de endurecimento	Tempo necessário para que a argamassa desenvolva a sua resistência

Quadro 3.2 – Classes de cimentos-cola recomendadas para o assentamento de ladrilhos cerâmicos em fachada [L3]

Revestimento a colar		Altura da Fachada	
Natureza	Área (cm ²)	H ≤ 6 m	6 m < H ≤ 28 m
Mosaico em pasta de vidro ou porcelânico	S ≤ 50		
Plaquetas morais em terracota	S ≤ 231		
Azulejos de terracota	S ≤ 300	C2	C2S
Ladrilhos extrudidos ou prensados, excepto os plenamente vitrificados	S ≤ 2000		
Ladrilhos plenamente vitrificados	S ≤ 2000	C2S	C2S

⁴ Amassadura – processo de levar todos os componentes da argamassa e/ou cola a formar um todo homogéneo.

e) Argamassa para juntas:

- As argamassas de juntas são utilizadas no preenchimento dos espaços entre duas peças cerâmicas, tendo a função de apoiar e proteger as arestas das peças cerâmicas;
- As propriedades das argamassas são determinadas pelo tipo de ligante utilizado, podendo ser-lhes adicionados adjuvantes;
- Em paredes expostas à acção de humidade, como por exemplo nas instalações sanitárias, devem ser usadas argamassas para juntas impermeáveis, para evitar que a água penetre para o interior da parede, aumentando, com isto, a durabilidade do revestimento evitando o aparecimento de eflorescências.

f) Ladrilhos cerâmicos:

- Os ladrilhos cerâmicos são placas cerâmicas fabricadas a partir de uma mistura de argila. A parte interior dos ladrilhos possui normalmente “garras”, para auxiliar a aderência com a superfície onde serão assentadas, denominadas de tardez;
- O tipo de ladrilho cerâmico a ser utilizado depende do ambiente em que o revestimento é utilizado.

3.3. Selecção de ferramentas e utensílios

As ferramentas e os utensílios necessários para a execução do assentamento do revestimento cerâmicos, de um modo geral são:

a) Equipamentos de corte:

- Os equipamentos de corte podem ser manuais ou eléctricos e são utilizados para cortar os ladrilhos cerâmicos quando se pretende obter uma dada dimensão. Alguns tipos de equipamentos de corte possuem um disco de corte em diamante (ver Figura 3.2) para cortar o respectivo ladrilho, visto que, o diamante pela Escala de Mohs⁵ possui maior dureza que o material cerâmico;
- A selecção do uso de um equipamento de corte depende do número e tipo de cortes a fazer e do tipo de material a aplicar.

⁵ Escala de Mohs – quantifica a dureza dos minerais, ou seja, a resistência que o material oferece ao risco. O diamante é o mineral mais duro que existe, podendo arranhar qualquer outro e é arranhado apenas por outro diamante.



Figura 3.2 – Máquina de corte manual

b) Equipamentos de furação:

- Os equipamentos para furação são utilizados usualmente quando se pretende perfurar um ladrilho cerâmico, a fim de garantir uma passagem eléctrica ou outro tipo de passagem.

c) Sistema de mistura e bombagem:

- Normalmente os componentes das argamassas são misturados em obra em equipamentos adequados de forma a garantir uma boa homogeneidade da mistura;
- Os sistemas de mistura e bombagem usualmente utilizados são os seguintes: misturador de argamassa portátil e misturador de argamassas autonivelantes.

d) Sistemas de aplicação:

- Usualmente são utilizados duas ferramentas para aplicação de argamassas e colas: colher de pedreiro e talocha. O tipo de dentes da talocha (profundidade, espaçamento e geometria) depende do tipo de aplicações e o fim a que se destinam os produtos a aplicar;
- Para aplicação de ladrilhos cerâmicos, é utilizado o martelo de borracha ou o vibrador mecânico, para pressionar a placa cerâmica contra o suporte a qual será colado.

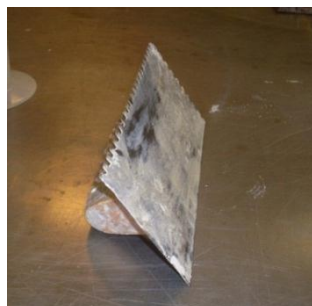


Figura 3.3 – Talocha denteada

e) Espaçadores:

- Os espaçadores são pequenas peças de plástico, em forma de cruz ou T, colocadas entre as placas cerâmicas, e servem para manter uniforme a largura das juntas e o alinhamento das placas cerâmicas.

f) Sistemas de limpeza:

- Como sistemas de limpeza existem processos mecânicos e manuais adequados ao tipo de produto e à extensão da área a limpar;
- No acabamento dos trabalhos de revestimentos, a limpeza deve ser feita depois do preenchimento das juntas. Sendo o material a utilizar uma esponja ou um pano seco.

3.4. Definição da espessura das juntas

Ao longo do tempo de vida os edifícios estão em constante movimentação. Movimentos esses muito pequenos podendo ocorrer por diversas causas, tais como: variação de temperatura, variação da humidade, peso das estruturas, acção do vento, acção de cargas, etc. Com a finalidade de controlar estes movimentos, garantindo que o edifício permaneça estável e os revestimentos assentes, utilizam-se juntas.

Existem dois tipos de juntas a considerar, as juntas de construção e as juntas de assentamento. As juntas de construção têm a finalidade de limitar o risco de levantamento e roturas provocadas por movimentos estruturais (contração/expansão e flexão); as de assentamento são juntas de dimensão, cuja finalidade é de servir o bom funcionamento do sistema de revestimento, de modo a compensar a diferença de tamanho das placas cerâmicas e possibilitar a “respiração” das paredes de forma a permitir a passagem da água em forma de vapor do interior para o meio ambiente.

As juntas de assentamento devem ser definidas pelo fabricante do revestimento cerâmico, em função do tipo de aplicação prevista, considerando as características dos ladrilhos, nomeadamente a sua deformabilidade face às diferentes solicitações, em particular as de carácter higrotérmico.

No Quadro 3.3 encontra-se exemplos de larguras de junta consoante o tipo de revestimento.

Quadro 3.3 – Exemplo de larguras de junta (indicativo) [L3]

Condições	Largura das juntas [mm]
Superfície das peças (interior) $\leq 500 \text{ cm}^2$	2
Superfície das peças (interior) $> 500 \text{ cm}^2$	3
Terracota e ladrilho extrudido	6
Pedras naturais	5
Ladrilhos rectificados	1
Colocação no exterior	4

3.5. Preparação do suporte para o assentamento

A preparação do suporte é muito importante para que o resultado final seja perfeito. Os suportes utilizados para aplicação de ladrilhos cerâmicos são de dois tipos: betão ou alvenaria com

reboco. Para a preparação do suporte é necessário efectuar os seguintes passos antes de se iniciar a aplicação do sistema de revestimento cerâmico:

a) Limpeza:

- O suporte deverá passar por um processo de limpeza, de modo a remover o pó e outras substâncias que possam vir a prejudicar a aderência. Para tal, utiliza-se uma escova de aço ou lavagem com água sob pressão ou jacto de areia nos casos de grande impregnação;
- Se forem utilizadas soluções ácidas ou alcalinas para a remoção de eflorescências ou gorduras na limpeza do suporte, o mesmo deve ser previamente saturado com água para que não absorva as soluções utilizadas, que são extremamente prejudiciais para materiais à base de cimento.

b) Correcção da rugosidade:

- A superfície do suporte a ser revestida deve apresentar rugosidade suficiente para melhorar a aderência entre o suporte e a argamassa. Com o intuito de aumentar a rugosidade, aplica-se a argamassa para chapisco.
- Após 7 dias da aplicação do chapisco, inicia-se os trabalhos para a execução da camada de base de forma a regularizar e nivelar a superfície do suporte a revestir. Esta fase é de extrema importância, pois o assentamento de revestimentos cerâmicos sem um bom nivelamento pode gerar infiltrações.

c) Verificar se existem condições para iniciar o assentamento:

- Antes de se iniciar o assentamento do revestimento é necessário que a superfície do suporte apresente a seguinte forma: limpa sem fissuras; bem aderida à base; alinhada em todas as direcções com um desvio máximo de planeza de 3 mm em relação a uma régua de 2 m.

3.6. Aplicação do sistema de revestimento cerâmico

De um modo geral, para o assentamento do revestimento cerâmico é necessário realizar os seguintes passos:

- Tarefas preliminares;
- Aplicação da cola;
- Colocação dos ladrilhos cerâmicos;
- Execução das juntas;
- Limpeza;
- Cura.

3.6.1. Tarefas preliminares

Antes de se proceder ao assentamento do revestimento cerâmico é necessário realizar as seguintes tarefas preliminares:

- Verifica-se as dimensões da base a ser revestida para a definição da largura das juntas entre os ladrilhos cerâmicos, procurando o melhor posicionamento destes e reduzindo o número de recortes;
- Deve-se localizar sobre a superfície a ser revestida, as juntas horizontais e verticais entre as placas cerâmicas;
- O alinhamento das primeiras fiadas de revestimento cerâmico devem ser marcadas no suporte, nos dois sentidos, com o auxílio de linhas de náilon, servindo então de referência para as restantes fiadas;
- No caso de assentamento de mosaicos deve-se desenhar as figuras a serem formadas, colocando entre as linhas desenhadas o formato e a cor das placas que fazem parte do desenho.

3.6.2. Aplicação da cola em paredes

Antes de se proceder à aplicação da cola, é necessário prepará-la. O processo de preparação depende do tipo de cola a ser utilizado. Em alguns casos, como nos cimentos-cola adiciona-se água de um modo idêntico ao de uma argamassa corrente, em outros (os bi-componentes), não há necessidade de adição de água, pois misturam-se entre si.

O método de aplicação da cola depende da área da peça cerâmica a ser assentada. Existem dois métodos distintos para aplicação, o denominado método de colagem simples (método W1) e o método de colagem dupla (método W2). Segundo a norma *NP EN 14411* [N1], na colagem simples o espalhamento da cola é feito apenas no suporte, enquanto na colagem dupla o espalhamento é realizado no suporte e no tardo de cada peça cerâmica, sendo que os cordões formados nessas duas superfícies devem se cruzar em ângulos de 90°. Nos ladrilhos de pequenas dimensões, com uma área $S \leq 50 \text{ cm}^2$, a colagem é simples. No caso de ladrilhos com superfícies $S > 50 \text{ cm}^2$, a colagem é dupla.

A cola deve ser espalhada com o lado liso da talocha, comprimindo-a contra o suporte num ângulo de 45°, formando uma camada uniforme. De seguida, utiliza-se o lado denteado da talocha sobre a camada aplicada no suporte, de forma a criarem-se os cordões que facilitaram o nivelamento e a fixação das peças cerâmicas. A criação destes cordões também tem a vantagem de controlar a espessura da camada. Durante a colocação das peças cerâmicas os cordões de cola devem ser totalmente esmagados, formando uma camada uniforme, garantindo o contacto pleno aplicado com o tardo de da peça. A espessura da camada final da cola deve ser de 2 a 5 mm, podendo chegar a 12 mm em pequenas área isoladas, onde existam irregularidades superficiais no suporte.

É de extrema importância que sejam respeitados os tempos de vida útil, tempo aberto e todas as outras propriedades (ver Quadro 3.1) definidas na *NP EN 12004* [N2], tendo em conta que em dias

muito secos, quentes e com muito vento, esses tempos são diminuídos. O final do tempo aberto ou tempo de abertura é assinalado pela formação de uma película esbranquiçada sobre os cordões de cola. Nesse momento as condições de assentamento ficam prejudicadas, podendo favorecer o deslocamento precoce do revestimento cerâmico.

Periodicamente durante o assentamento dos ladrilhos cerâmicos deve-se arrancar aleatoriamente 1% das peças, verificando se estão com o verso totalmente preenchido com a respectiva cola. Este procedimento é denominado de “Teste de Arrancamento” e destina-se a avaliar a qualidade do assentamento efectuado.

3.6.3. Colocação dos ladrilhos cerâmicos

Antes da colocação dos ladrilhos cerâmicos é necessário verificar se o tardo das peças cerâmicas a serem assentadas está limpo, isento de pó, gorduras, ou partículas secas.

Os ladrilhos cerâmicos devem ser colocados, ligeiramente fora de posição sobre os cordões de cola. O posicionamento é então ajustado e o ladrilho cerâmico é fixado através de um movimento de rotação. De forma a retirar o excesso de cola devem ser dadas leves batidas com um martelo de borracha sobre a face da peça cerâmica. A argamassa que escorrer deve ser limpa antes do seu endurecimento, evitando assim que prejudique a junta de assentamento.

3.6.4. Execução das juntas

A largura das juntas de assentamento pode ser garantida com a utilização de espaçadores plásticos. O preenchimento dessas juntas pode ser iniciado 3 dias (normalmente) após concluído o assentamento dos ladrilhos cerâmicos. Antes do preenchimento das juntas, deve-se limpar as juntas, eliminando toda a sujidade existente nelas.

Após a limpeza das juntas prepara-se a argamassa de junta a colocar, respeitando o período de repouso estipulado na embalagem após o amassamento. Após o período de repouso, a argamassa deve ser espalhada nas juntas com o auxílio de uma talocha de borracha na diagonal das juntas, em movimentos alternados, pressionando bem para encher a totalidade da junta. Em seguida, remove-se o excesso de argamassa com o auxílio de um pano ou uma esponja levemente humedecida. A limpeza é feita apenas com água limpa.

Após mais algum tempo, quando for garantido o endurecimento da argamassa deve-se frisar as juntas, obtendo assim o acabamento liso e regular. Esta operação pode ser feita com instrumentos desenhados especialmente para esse fim, ou com o auxílio de cabos eléctricos dobrados. No final limpa-se novamente com um pano seco, para remoção de quaisquer resíduos de argamassas aderidos sobre o revestimento cerâmico.

3.6.5. Limpeza

Esta operação tem a finalidade de eliminar resíduos de argamassas ou outros materiais usados no processo de assentamento, utilizando uma esponja ou um pano humedecido.

3.6.6. Cura

Após a limpeza é necessário esperar sensivelmente 15 dias para que as reacções físicas e químicas das argamassas e das colas possam ocorrer. Estas reacções são fundamentais para a qualidade da aderência entre as diversas camadas que compõe o sistema de revestimento cerâmico colado.

CAPÍTULO 4

4. PAVIMENTOS E REVESTIMENTOS CERÂMICOS

4.1. Introdução aos pavimentos e revestimentos cerâmicos

Os revestimentos cerâmicos possuem uma grande tradição em Portugal, constituindo um dos materiais mais utilizados na indústria da construção, particularmente nas suas formas mais correntes como ladrilhos cerâmicos, sendo usualmente aplicados em pavimentos, paredes interiores e fachadas.

A matéria-prima base dos ladrilhos cerâmicos é a argila, podendo ter como elementos secundários vários correctivos ou aditivos que se adicionam durante o fabrico, de forma a obter as características pretendidas.

A superfície do ladrilho cerâmico é sujeita a variadíssimas acções dependentes do uso, conforme o elemento a ser revestido (pavimento ou parede), a sua localização (interior ou exterior), o tipo de edifício, o tipo de espaço revestido e a intensidade de utilização ou ocupação do espaço. Para além disso, essas acções dependem da actividade dos utentes e do mobiliário fixo ou móvel – flexão, choque mecânico, abrasão, etc.; das condições ambientais – temperatura, humidade, etc.; e das operações de limpeza ou de manutenção – agressividade química ou abrasiva dos métodos ou dos produtos utilizados.

Devido à inovação e evolução tecnológica da indústria de produção de ladrilhos cerâmicos e de materiais de assentamento, bem como a crescente variedade de suportes onde este revestimento é aplicado tem-lhes permitido acompanhar e, em alguns casos, superar as características de outros produtos de concepção mais recente. Actualmente as modernas aplicações dos revestimentos cerâmicos apresentam requisitos muito mais rigorosos do que seria de prever em tempos passados.

Como materiais de construção, os pavimentos e revestimentos cerâmicos tem como enquadramento regulamentar o *Regulamento (EU) N.º 305/2011 do Parlamento Europeu e do Conselho de 9 de Março de 2011* [D1], estabelecendo condições harmonizadas para a comercialização dos produtos de construção, revogando assim a Directiva 89/106/CEE do Conselho

[D2]. Este Regulamento visa substituir a Directiva 89/106/CEE [D2] a fim de simplificar e clarificar o quadro existente melhorando a transparência e a eficácia das medidas em vigor.

Segundo a norma *NP EN 14411* [N1], os ladrilhos cerâmicos são definidos como, placas feitas de argila e/ou outras matérias-primas inorgânicas. “Os ladrilhos são em geral utilizados como revestimento para pavimentos e paredes. São usualmente conformados por extrusão (Método A) ou prensagem a seco (Método B) à temperatura ambiente, sendo em seguida secas e subsequentemente cozidas a temperaturas suficientes para o desenvolvimento das propriedades requeridas, podendo no entanto serem conformados por outros processos. Os ladrilhos cerâmicos podem ser vidrados⁶ (GL – “*glazed*”) ou não vidrados (UGL – “*unglazed*”), sendo incombustíveis e insensíveis à luz” [N1].

Os ladrilhos cerâmicos são produzidos numa gama muito variada de características, em função das matérias-primas utilizadas e dos métodos e procedimentos de fabrico. Todos estes parâmetros condicionam o grau de vitrificação da peça cerâmica, condicionando deste modo a porosidade, que por sua vez determina o nível de desempenho técnico das peças produzidas – absorção de água; resistência ao desgaste, à flexão, aos choques, à formação de gelo; regularidade dimensional; etc [L4]. Normalmente, quanto mais baixo for a porosidade, ou seja quando a vitrificação aumenta, melhores serão as características de resistência ao desgaste e resistência mecânica, com a excepção à resistência ao choque mecânico de corpos duros.

O tipo de método de conformação dos ladrilhos também é um factor a ter em conta para o nível de desempenho técnico, visto que, os ladrilhos prensados apresentam, em regra, melhores características de resistência mecânica e rigor dimensional que os ladrilhos extrudidos [L3].

Assim sendo é possível verificar vários tipos de ladrilhos cerâmicos dependendo do seu tipo de conformação, vitrificação e absorção de água.

No seguimento deste capítulo, descrevem-se todas as características, ensaios e exigências aplicáveis a ladrilhos cerâmicos de acordo com a normalização em vigor, integrada no acervo normativo nacional.



Figura 4.1 – Edifício antigo com revestimento cerâmico na fachada

⁶ Vidrado (ou esmalte) – camada vitrificada e impermeável que reveste a face dum ladrilho vidrado [L4].

4.2. Generalidades

A norma europeia harmonizada de referência para os pavimentos e revestimentos cerâmicos é a *NP EN 14411:2008 – Pavimentos e revestimentos cerâmicos. Definições, classificações, características e marcação* [N1]. Esta norma define e especifica os requisitos e critérios de marcação de ladrilhos cerâmicos da melhor qualidade comercial (primeira qualidade), sendo que, quando estes se revelam estar em conformidade com a norma, garantem a capacidade de desempenhar a sua função segundo os níveis de desempenho declarados. São também abrangidos pelo Anexo Q, da norma *NP EN 14411*, ladrilhos que não sejam de primeira qualidade comercial. Esta norma não abrange ladrilhos fabricados por outros processos que não sejam os normais processos de extrusão ou prensagem a seco, nem acessórios decorativos ou mosaicos (isto é, qualquer peça que caiba numa área de 7 cm x 7 cm). As características especificadas nesta norma são avaliadas segundo os métodos de ensaio normalizados descritos na série de normas *NP EN ISO 10545*, dividida em partes, cada uma descrevendo um método de ensaio específico.

O Quadro 4.1 lista todas as propriedades ensaiadas e respectivas normas para a determinação das características de pavimentos e revestimentos cerâmicos.

Quadro 4.1 – Normas de ensaio aplicáveis a pavimentos e revestimentos cerâmicos

Propriedades	Normas de ensaio
Dimensões	<i>NP EN ISO 10545-2</i>
Qualidade da superfície	<i>NP EN ISO 10545-2</i>
Absorção de água	<i>NP EN ISO 10545-3</i>
Resistência à flexão	<i>NP EN ISO 10545-4</i>
Força de ruptura	<i>NP EN ISO 10545-4</i>
Resistência ao choque	<i>NP EN ISO 10545-5</i>
Abrasão profunda UGL	<i>NP EN ISO 10545-6</i>
Resistência à abrasão GL	<i>NP EN ISO 10545-7</i>
Coefficiente de dilatação térmica linear	<i>NP EN ISO 10545-8</i>
Resistência aos choques térmicos	<i>NP EN ISO 10545-9</i>
Dilatação com a humidade	<i>NP EN ISO 10545-10</i>
Resistência ao fendilhamento	<i>NP EN ISO 10545-11</i>
Resistência ao gelo	<i>NP EN ISO 10545-12</i>
Resistência química	<i>NP EN ISO 10545-13</i>
Resistência às manchas	<i>NP EN ISO 10545-14</i>
Libertação de chumbo e de cádmio	<i>NP EN ISO 10545-15</i>
Diferenças de cor	<i>NP EN ISO 10545-16</i>
Coefficiente de atrito	<i>NP EN ISO 10545-17</i>

De acordo com a norma *NP EN 14411* [N1], os ladrilhos cerâmicos dividem-se em diferentes grupos segundo o seu processo de fabrico, extrudidos (Método A) ou prensados a seco (Método B), e o seu valor de absorção de água⁷ (ver Quadro 4.2).

Através do Método A são fabricados ladrilhos extrudidos, ou seja, ladrilhos conformados no estado plástico por uma extrusora, sendo a coluna obtida cortada em peças de dimensões predeterminadas. A norma classifica os ladrilhos extrudidos em “Precisão” ou “Natural” dependendo das diferentes características técnicas listadas nos Anexos normativos A a F e M da norma *NP EN 14411* [N1].

Pelo Método B são fabricados ladrilhos prensados a seco, ladrilhos conformados a partir de uma mistura finamente moída, conformada por prensagem e moldes. Os requisitos para ladrilhos prensados a seco encontram-se nos Anexos normativos G a L da norma *NP EN 14411* [N1].

No Quadro 4.2 estão enunciados todos os grupos e respectivas classificações dos ladrilhos cerâmicos em função da absorção de água e o seu processo de fabrico. Os grupos não prevêem as aplicações a que os produtos se destinam.

Quadro 4.2 – Classificação de ladrilhos cerâmicos [N1]

Processo de fabrico	Grupo I $E \leq 3\%$	Grupo II _a $3\% < E \leq 6\%$	Grupo II _b $6\% < E \leq 10\%$	Grupo III $E > 10\%$
Método A Extrudidos	Grupo AI _a $E \leq 0,5\%$	Grupo AII _{a-1} ^a	Grupo AII _{b-1} ^a	Grupo AIII
	Grupo AI _b $0,5\% < E \leq 3\%$	Grupo AII _{a-2} ^a	Grupo AII _{b-2} ^a	
Método B Prensados a seco	Grupo BI _a $E \leq 0,5\%$	Grupo BII _a	Grupo BII _b	Grupo BIII ^b
	Grupo BI _b $0,5\% < E \leq 3\%$			

^a Os Grupos AII_a e AII_b são divididos em duas partes (Partes 1 e 2) com diferentes especificações de produto.



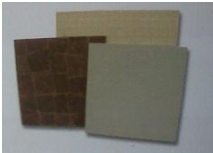
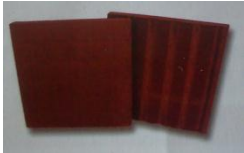
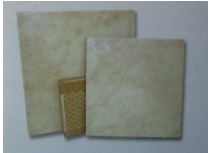




^b Os Grupos BIII abrangem apenas ladrilhos vidrados. Existe uma pequena produção de ladrilhos prensados a seco não vidrados com uma absorção de água superior a 10% que não está incluída neste grupo de produtos.

O Grupo I representa os ladrilhos com baixa absorção de água, $E \leq 3\%$; o Grupo II representa os ladrilhos com média absorção de água, $3\% < E \leq 10\%$; e o Grupo III, ladrilhos com alta absorção de água, $E > 10\%$. Para todos eles, são subdivididos em dois tipos de ladrilhos, ladrilhos extrudidos e ladrilhos prensados a seco.

⁷ Absorção de água (símbolo E) – percentagem de água em massa, medida segundo a *NP EN ISO 10545-3* [N1].

Para melhor percepção apresenta-se no Quadro 4.3 alguns exemplos de ladrilhos cerâmicos correspondentes às categorias indicadas na norma *NP EN 14411* [N1].

Quadro 4.3 – Identificação de materiais cerâmicos [L3]

A – Extrudido		B – Prensado a seco	
Grupo I $E \leq 3 \%$	 Grés Extrudido	Grupo Ia $E \leq 0,5 \%$	 Porcelânico
		Grupo Ib $0,5 \% \leq E < 3 \%$	 Grés Porcelânico
Grupo IIa $3 \% < E \leq 6 \%$	 Klinker	Grupo IIa $3 \% \leq E < 6 \%$	 Pavimento de Monocozedura
Grupo IIb $6 \% < E \leq 10 \%$	 Terracota	Grupo BIIb $6 \% \leq E < 10 \%$	 Revestimento de Monocozedura
Grupo III $E > 10 \%$	 Tijoleira Rústica	Grupo BIII $E > 10 \%$	 Azulejo

Tal como foi referido anteriormente, quanto mais baixo for a absorção de água melhores serão as características de resistência ao desgaste e resistência mecânica dos ladrilhos cerâmicos. No Quadro 4.4 são apresentados valores médios obtidos em várias centenas de ensaios realizados ao longo de vários anos (dados de 1993 a 2003) pelo Centro Tecnológico da Cerâmica e do Vidro (CTCV) do qual é possível verificar essa mesma conclusão.

Quadro 4.4 – Valores característicos médios [L3]

Grupo	Absorção de água (%)	Flexão (MPa)	Abrasão profunda (mm ³)	Dilatação térmica linear (°C)	Expansão por humidade (mm/m)
A I	0,7 a 3,0	17,6 a 38,8	81 a 196	5,3E-6	-
A II _a	2,3 a 5,5	20,5 a 38,1	92 a 405	5,3E-6	-
A II _b	7,6 a 10,4	10,4 a 15,6	536 a 1252	5,3E-6	0,8
A III	11,4	13,5 a 21,5	572	4,5E-6	1,9
B I _a	0,1 a 0,4	36,2 a 53,0	75 a 134	7,1E-6	-
B I _b	0,7 a 2,8	27,6 a 55,6	99	5,9E-6	-
B II _a	3,2 a 4,6	30,4 a 45	118 a 179	5,2E-6	-
B III	12,4 a 20,3	13,4 a 33,1	-	5,4E-6	-

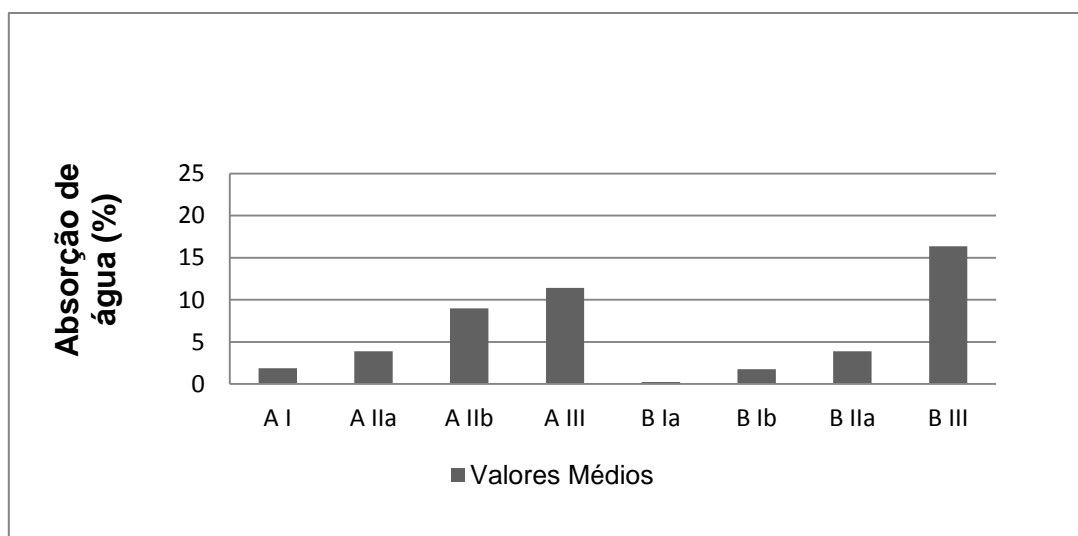


Figura 4.2 – Gráfico de valores estatísticos de Absorção de água (%), dados de 1993 a 2003 pelo CTCV

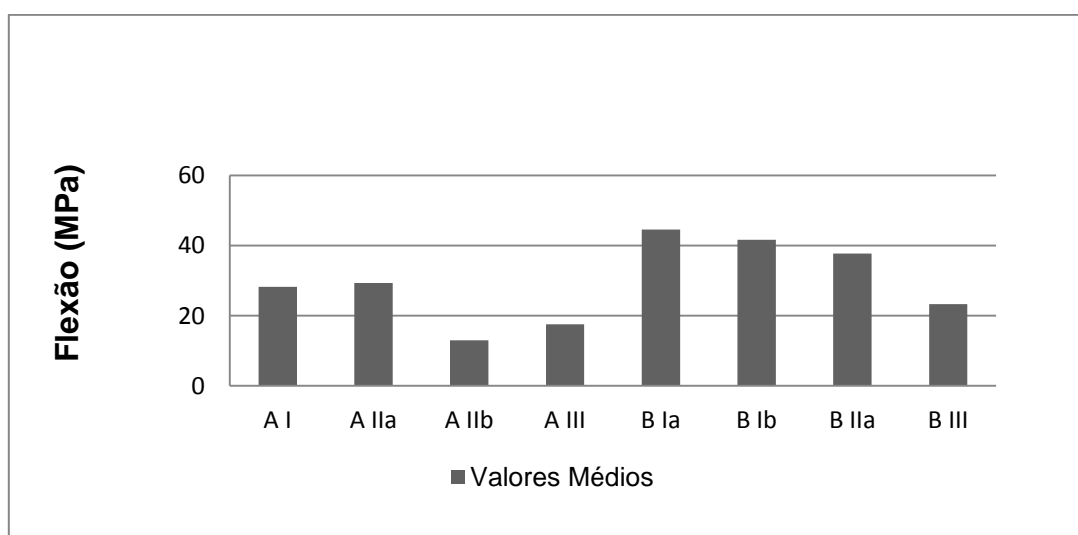


Figura 4.3 – Gráfico de valores estatísticos da Flexão (MPa), dados de 1993 a 2003 pelo CTCV

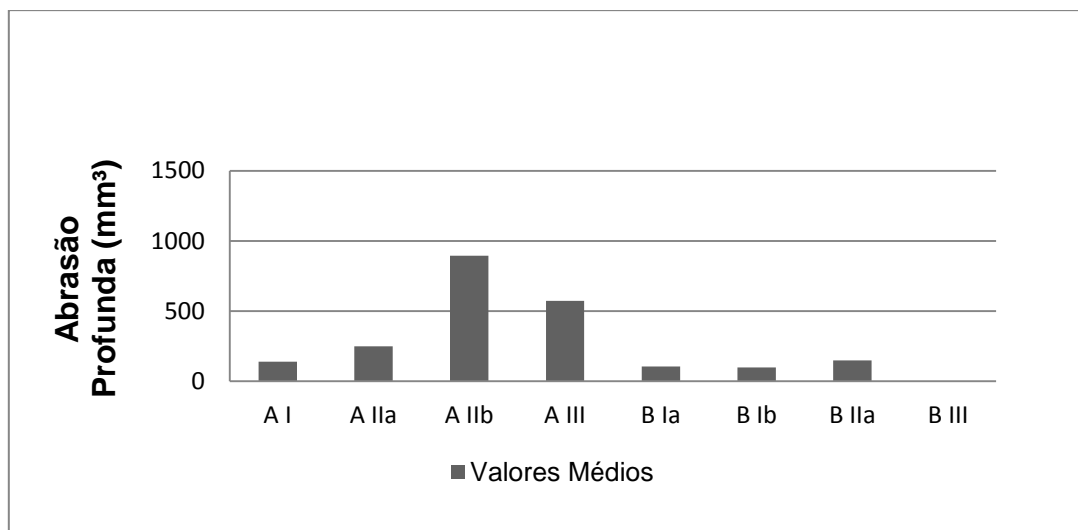


Figura 4.4 – Gráfico de valores estatísticos da Abrasão Profunda (mm³), dados de 1993 a 2003 pelo CTCV

Dependendo da sua aplicação, os ladrilhos cerâmicos exigem diferentes características. No Quadro 4.5 são indicadas as características para diferentes tipos de aplicação de ladrilhos cerâmicos e o seu respectivo ensaio.

Quadro 4.5 – Características requeridas para diferentes aplicações [N1]

Características	Pavimentos		Paredes		Ensaio
Dimensões e qualidade da superfície	Interior	Exterior	Interior	Exterior	Referência
Comprimento e largura	X	X	X	X	EN ISO 10545-2
Espessura	X	X	X	X	EN ISO 10545-2
Rectilinearidade dos lados	X	X	X	X	EN ISO 10545-2
Perpendicularidade	X	X	X	X	EN ISO 10545-2
Planaridade da superfície (curvatura e empeno)	X	X	X	X	EN ISO 10545-2
Qualidade da superfície	X	X	X	X	EN ISO 10545-2
Propriedades físicas	Interior	Exterior	Interior	Exterior	Referência
Absorção de água	X	X	X	X	EN ISO 10545-3
Resistência à flexão	X	X	X	X	EN ISO 10545-4
Módulo de ruptura	X	X	X	X	EN ISO 10545-4
Resistência à abrasão profunda – ladrilhos não vidrados	X	X			EN ISO 10545-6
Resistência à abrasão superficial – ladrilhos vidrados	X	X			EN ISO 10545-7
Dilatação linear de origem térmica ^a	X	X	X	X	EN ISO 10545-8
Resistência ao choque térmico ^a	X	X	X	X	EN ISO 10545-9
Resistência ao fendilhamento – ladrilhos vidrados	X	X	X	X	EN ISO 10545-11
Resistência ao gelo ^b		X		X	EN ISO 10545-12
Coeficiente de atrito	X	X			Declarado o método de ensaio usado
Dilatação com a humidade ^a	X	X	X	X	EN ISO 10545-10
Pequenas diferenças de cor ^a	X	X	X	X	EN ISO 10545-16
Resistência ao impacto ^a	X	X			EN ISO 10545-5
Propriedades químicas	Interior	Exterior	Interior	Exterior	Referência
Resistências às manchas					
- Ladrilhos vidrados	X	X	X	X	EN ISO 10545-14
- Ladrilhos não vidrados ^a	X	X	X	X	EN ISO 10545-14
Resistência a baixas concentrações de ácidos e de bases	X	X	X	X	EN ISO 10545-13
Resistência a altas concentrações de ácidos e de bases	X	X	X	X	EN ISO 10545-13
Resistência aos detergentes domésticos de limpeza e aos sais para água de piscinas	X	X	X	X	EN ISO 10545-13
Libertação de chumbo e de cádmio – ladrilhos vidrados ^a	X	X	X	X	EN ISO 10545-15

^a Método de ensaio disponível, mas sem valores especificados na norma.

^b Para produtos a aplicar em situações em que possam ocorrer condições de gelo.

4.3. Características geométricas

A fim de garantir a correcta característica geométrica dos ladrilhos cerâmicos, torna-se necessário determinar certas características dimensionais, que segundo a normalização em vigor são:

- Comprimento e largura;
- Espessura;
- Rectilinearidade dos lados (ou bordos);
- Ortogonalidade (ou perpendicularidade);
- Planaridade da superfície (curvatura e empeno).

Todas as características mencionadas fazem parte de ensaios obrigatórios, devendo ser ensaiadas de acordo com a *NP EN 10545-2:2008 – Pavimentos e revestimentos cerâmicos. Parte 2: Determinação das dimensões e da qualidade de superfície* [N6]. Todas as medições devem ter uma aproximação de 0,1 mm.

Segundo a norma *NP EN 10545-2* [N6], os ladrilhos com área inferior a 4 cm² ficam excluídos da medição do comprimento, largura, rectilinearidade dos lados, ortogonalidade e planaridade, ficando apenas sujeitos a ensaios para medição da espessura. Os espaçadores⁸, os excessos de vidro e outras irregularidades dos lados apenas são considerados na medição da espessura.

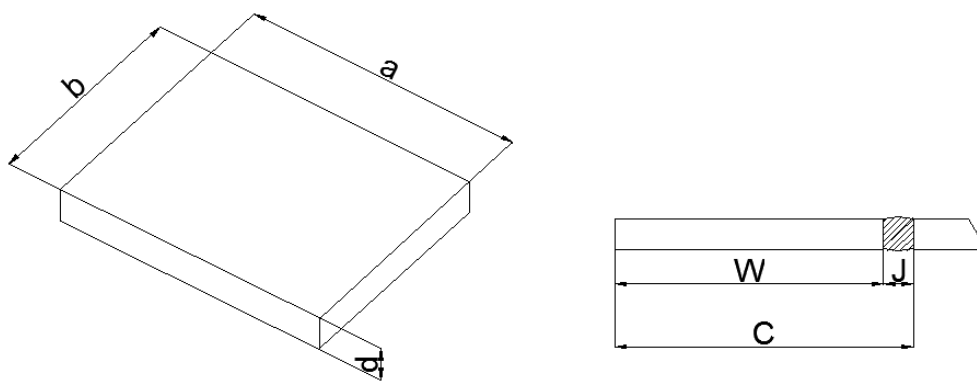
4.3.1. Determinação do comprimento e largura

As dimensões nominais (dimensões usadas para descrever o produto) dos ladrilhos cerâmicos devem ser declaradas pelo produtor em centímetros segundo a ordem: comprimento × largura. Já as dimensões de fabrico⁹ devem ser declaradas pelo produtor em milímetros segundo a ordem: comprimento × largura × espessura (ver Figura 4.5).

Por exemplo, para um ladrilho cerâmico com as dimensões nominais de 25 cm × 12,5 cm de uma dada marca, as dimensões fornecidas pelo produtor foram W 240 mm × 115 mm × 10 mm.

⁸ Espaçadores – são projecções localizadas em alguns bordos dos ladrilhos de tal forma que, quando dois deles são colocados um contra o outro, alinhados, os espaçadores dos bordos adjacentes mantêm essas peças a uma distância não inferior à largura da junta especificada. Os espaçadores são posicionados de tal forma a que a junta entre as peças pode ser cheia com argamassa para juntas, sem que eles fiquem visíveis [N1].

⁹ Dimensão de fabrico (símbolo W) – dimensão de um ladrilho especificada para produção com a qual a dimensão real tem de estar conforme, dentro de limites especificados de variação admissível. Esta dimensão é especificada pelas dimensões de comprimento, largura e espessura [N1]. Ou seja é a dimensão especificada pelo fabricante, muito próxima da dimensão efectiva.

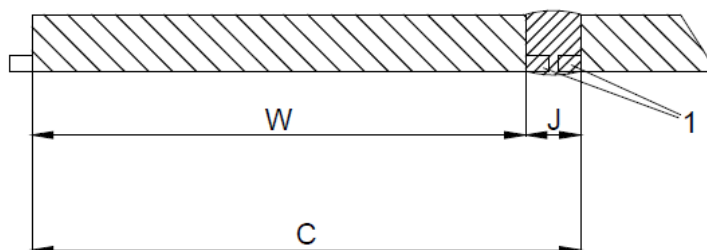


Legenda:

Dimensão de coordenação (C) = dimensão de fabrico (W) + largura da junta (J)

Dimensão de fabrico (W) = dimensão da face principal (a), (b) e espessura (d)

Figura 4.5 – Dimensões de fabrico de um ladrilho [N6]



Legenda:

1 - Espaçadores

Dimensão de coordenação (C) = dimensão de fabrico (W) + largura da junta (J)

Dimensão de fabrico (W) = dimensão da face principal (a), (b) e espessura (d)

Figura 4.6 – Dimensões de fabrico de um ladrilho com espaçadores [N6]

De acordo com a *NP EN ISO 10545-2* [N6], a medição das dimensões de comprimento e largura dos ladrilhos cerâmicos é determinada com o auxílio de um paquímetro, através da medição a 5 mm dos cantos, com aproximação de 0,1 mm, cada lado de cada ladrilho a ensaiar. Para apresentação dos resultados é feita uma média da medição de cada lado da amostra. Para os ladrilhos quadrados, a dimensão média de cada ladrilho é a média de quatro medições. Para os ladrilhos não quadrados, cada par de lados semelhantes de um ladrilho dá a dimensão média correspondente ao ladrilho, ou seja, uma média de duas medições.



Figura 4.7 – Equipamento de medição: Paquímetro

Segundo a norma *NP EN 14411* [N1], os requisitos para o ensaio de medição de comprimento e largura devem estar em conformidade com os Quadros 4.6 e 4.7.

Quadro 4.6 – Requisitos de comprimento e largura para ladrilhos cerâmicos extrudidos [N1]

Ladrilhos cerâmicos extrudidos: $E \leq 0,5\%$ (Grupo AI_a); $0,5\% < E \leq 3\%$ (Grupo AI_b)		
Comprimento e largura	Precisão	Natural
O produtor deve escolher as dimensões de fabrico da seguinte forma:		
a) Para ladrilhos modulares ¹ de modo a permitir uma largura nominal de junta entre 3 e 11mm;	$\pm 1,0\%$ com o máximo de $\pm 2\text{mm}$	$\pm 2,0\%$ com o máximo de $\pm 4\text{mm}$
b) Para ladrilhos não modulares de modo que a diferença entre as dimensões de fabrico e as dimensões nominais não exceda $\pm 3\text{mm}$.		
Desvio, em percentagem, da dimensão média de cada ladrilho (2 a 4 lados) para a dimensão de fabrico (W).		
Desvio, em percentagem, da dimensão média de cada ladrilho (2 ou 4 lados) para a dimensão média de 10 provetes (20 ou 40 lados).	$\pm 1,0\%$	$\pm 1,5\%$
Ladrilhos cerâmicos extrudidos: $3\% < E \leq 6\%$ (Grupo AII_a – Parte 1)		
Comprimento e largura	Precisão	Natural
O produtor deve escolher as dimensões de fabrico da seguinte forma:		
a) Para ladrilhos modulares ¹ de modo a permitir uma largura nominal de junta entre 3 e 11mm;	$\pm 1,25\%$ com o máximo de $\pm 2\text{mm}$	$\pm 2,0\%$ com o máximo de $\pm 4\text{mm}$
b) Para ladrilhos não modulares de modo que a diferença entre as dimensões de fabrico e as dimensões nominais não exceda $\pm 3\text{mm}$.		
Desvio, em percentagem, da dimensão média de cada ladrilho (2 a 4 lados) para a dimensão de fabrico (W).		
Desvio, em percentagem, da dimensão média de cada ladrilho (2 ou 4 lados) para a dimensão média de 10 provetes (20 ou 40 lados).	$\pm 1,0\%$	$\pm 1,5\%$

Ladrilhos cerâmicos extrudidos: $3\% < E \leq 6\%$ (Grupo All_a – Parte 2)

Comprimento e largura	Precisão	Natural
O produtor deve escolher as dimensões de fabrico da seguinte forma: a) Para ladrilhos modulares ¹ de modo a permitir uma largura nominal de junta entre 3 e 11mm; b) Para ladrilhos não modulares de modo que a diferença entre as dimensões de fabrico e as dimensões nominais não exceda $\pm 3\text{mm}$. Desvio, em percentagem, da dimensão média de cada ladrilho (2 a 4 lados) para a dimensão de fabrico (W).	$\pm 1,5\%$ com o máximo de $\pm 2\text{mm}$	$\pm 2,0\%$ com o máximo de $\pm 4\text{mm}$
Desvio, em percentagem, da dimensão média de cada ladrilho (2 ou 4 lados) para a dimensão média de 10 provetes (20 ou 40 lados).	$\pm 1,5\%$	$\pm 1,5\%$

Ladrilhos cerâmicos extrudidos: $6\% < E \leq 10\%$ (Grupo All_b – Parte 1); $6\% < E \leq 10\%$ (Grupo All_b – Parte 2); $E > 10\%$ (Grupo All)

Comprimento e largura	Precisão	Natural
O produtor deve escolher as dimensões de fabrico da seguinte forma: a) Para ladrilhos modulares ¹ de modo a permitir uma largura nominal de junta entre 3 e 11mm; b) Para ladrilhos não modulares de modo que a diferença entre as dimensões de fabrico e as dimensões nominais não exceda $\pm 3\text{mm}$. Desvio, em percentagem, da dimensão média de cada ladrilho (2 a 4 lados) para a dimensão de fabrico (W).	$\pm 2,0\%$ com o máximo de $\pm 2\text{mm}$	$\pm 2,0\%$ com o máximo de $\pm 4\text{mm}$
Desvio, em percentagem, da dimensão média de cada ladrilho (2 ou 4 lados) para a dimensão média de 10 provetes (20 ou 40 lados).	$\pm 1,5\%$	$\pm 1,5\%$

Ladrilhos cerâmicos extrudidos: $E \leq 0,5\%$ (Grupo Al_a)

Comprimento e largura	Precisão	Natural
O produtor deve escolher as dimensões de fabrico da seguinte forma: a) Para ladrilhos modulares ¹ de modo a permitir uma largura nominal de junta entre 3mm e 11mm; b) Para ladrilhos não modulares de modo que a diferença entre as dimensões de fabrico e as dimensões nominais não exceda $\pm 3\text{mm}$. Desvio, em percentagem, da dimensão média de cada ladrilho (2 ou 4 lados) para a dimensão de fabrico (W).	$\pm 1,0\%$ com o máximo de $\pm 2\text{mm}$	$\pm 2,0\%$ com o máximo de $\pm 2\text{mm}$
Desvio, em percentagem, da dimensão média de cada ladrilho (2 ou 4 lados) para a dimensão média de 10 provetes (20 ou 40 lados).	$\pm 1,0\%$	$\pm 1,5\%$

¹ Dimensão baseada nos módulos M (onde $1\text{M}=100\text{mm}$) e também nos seus múltiplos ou subdivisões, excepto para ladrilhos área superficial inferior a 9000mm^2 .

Quadro 4.7 – Requisitos de comprimento e largura para ladrilhos cerâmicos prensados a seco [N1]

Ladrilhos cerâmicos prensados a seco: $E \leq 0,5\%$ (Grupo BI_a); $0,5\% < E \leq 3\%$ (Grupo BI_b); $3\% < E \leq 6\%$ (Grupo BII_a); $6\% < E \leq 10\%$ (Grupo BII_b)				
Comprimento e largura	Área S do produto (cm²)			
	S ≤ 90	90 < S ≤ 190	190 < S ≤ 410	S > 410
O produtor deve escolher as dimensões de fabrico da seguinte forma:				
a) Para ladrilhos modulares de modo a permitir uma largura nominal de junta entre 2mm a 5mm				
b) Para ladrilhos não modulares de modo a que a diferença entre as dimensões de fabrico e as dimensões nominais não exceda $\pm 2\%$ (Max. $\pm 5\text{mm}$).	$\pm 1,2\%$	$\pm 1,0\%$	$\pm 0,75\%$	$\pm 0,6\%$
Desvio, em percentagem, da dimensão média de cada ladrilho (2 ou 4 lados) para a dimensão de fabrico (W)				
Desvio, em percentagem, da dimensão média de cada ladrilho (2 ou 4 lados) para a dimensão média de 10 provetes (20 ou 40 lados).	$\pm 0,75\%$	$\pm 0,5\%$	$\pm 0,5\%$	$\pm 0,5\%$
Ladrilhos cerâmicos prensados a seco: $E > 10\%$ (Grupo BIII)				
Comprimento (l) e largura (w)	Sem separador		Com separador	
O produtor deve escolher as dimensões de fabrico da seguinte forma:				
a) Para ladrilhos modulares de modo a permitir uma largura nominal de junta entre 1,5mm e 5mm	$l \leq 12\text{cm}: \pm 0,75\%$		$+ 0,6\%$	
b) Para ladrilhos não modulares de modo que a diferença entre as dimensões de fabrico e as dimensões nominais não exceda $\pm 2\text{mm}$.	$l > 12\text{cm}: \pm 0,50\%$		$- 0,3 \%$	
Desvio, em percentagem, da dimensão média de cada ladrilho (2 ou 4 lados) para a determinação de fabrico (W)				
Desvio, em percentagem, da dimensão média de cada ladrilho (2 ou 4 lados) para a dimensão média de 10 provetes (20 ou 40 lados)	$l \leq 12\text{cm}: \pm 0,50\%$ $l > 12\text{cm}: \pm 0,30\%$		$\pm 0,25\%$	

A conformidade de uma família¹⁰ de ladrilhos cerâmicos deve ser demonstrada por ensaios de tipo inicial e por controlo da produção em fábrica pelo produtor (incluindo a avaliação do produto), esse assunto será abordado no subcapítulo 4.21.

¹⁰ Família num grupo de produtos – ladrilhos cerâmicos produzidos para os quais os resultados de ensaios de qualquer produto da família são validos para quaisquer outros produtos da família. As famílias são definidas em termos de características do corpo cerâmico (mesmo tamanho e espessura) ou de acabamento superficial (mesmo vidro e/ou composição da decoração e propriedades) [N1].

4.3.2. Determinação da espessura

Para a determinação da espessura a norma *NP EN ISO 10545-2* [N6], remete para a utilização de um micrómetro de anéis de 5 mm a 10 mm de diâmetro como aparelho de medição através do seguinte procedimento:

- 1) Para todos os ladrilhos, excepto aqueles que apresentam superfícies irregulares, deve-se traçar diagonais entre os ângulos e medir a espessura no ponto mais espesso, dentro de cada uma das quatro secções;
- 2) Mede-se em quatro pontos, com aproximação de 0,1 mm, a espessura de cada ladrilho ensaiado;
- 3) Para todos os ladrilhos com superfícies irregulares, deve-se traçar quatro linhas perpendiculares a um lado do ladrilho, distanciadas de 0,125; 0,375; 0,25 e 0,875 vezes o comprimento medido a partir da extremidade, medindo a espessura no ponto mais espesso de cada linha;
- 4) A dimensão média da espessura de cada ladrilho individual é a média de quatro medições.

Segundo a norma *NP EN 14411* [N1], os requisitos para o ensaio de medição da espessura devem estar em conformidade com o Quadro 4.8. A espessura deve ser declarada pelo produtor com um desvio, em percentagem, da espessura média de cada provete ensaiado para a espessura de fabrico.

Quadro 4.8 – Requisitos de espessura para ladrilhos cerâmicos [N1]

Ladrilhos cerâmicos extrudidos: $E \leq 0,5\%$ (Grupo AI _a); $0,5\% < E \leq 3\%$ (Grupo AI _b); $3\% < E \leq 6\%$ (Grupo AI _a – Parte 1); $3\% < E \leq 6\%$ (Grupo AI _a – Parte 2); $6\% < E \leq 10\%$ (Grupo AI _b – Parte 1); $6\% < E \leq 10\%$ (Grupo AI _b – Parte 2); $E > 10\%$ (Grupo AI _{III})				
Espessura	Precisão		Natural	
Desvio, em percentagem, da espessura média de cada provete para a espessura de fabrico:	± 10%		± 10%	
Ladrilhos cerâmicos prensados a seco: $E \leq 0,5\%$ (Grupo BI _a); $0,5\% < E \leq 3\%$ (Grupo BI _b); $3\% < E \leq 6\%$ (Grupo BI _a); $6\% < E \leq 10\%$ (Grupo BI _b)				
Espessura	Área S do produto (cm ²)			
	S ≤ 90	90 < S ≤ 190	190 < S ≤ 410	S > 410
Desvio da espessura média:	± 10%	± 10%	± 5%	± 5%
Ladrilhos cerâmicos prensados a seco: $E > 10\%$ (Grupo BI _{III})				
Espessura	Sem separador		Com separador	
Desvio da espessura média:	± 10%		± 10%	

4.3.3. Medição da rectilinearidade dos lados

De acordo com a norma *NP EN ISO 10545-2* [N6], a medição do desvio de rectilinearidade do centro do lado no plano do ladrilho é determinada com o auxílio de uma placa padrão e um aparelho do tipo representado na Figura 4.8 e 4.9, em que o comparador (D_F) é utilizado para medir a rectilinearidade dos lados, ou seja, a curvatura do centro da aresta a medir.

A medição aplica-se apenas aos lados rectilíneos dos ladrilhos (ver Figura 4.10) e é calculada como percentagem, usando a fórmula:

$$\frac{C}{L} \times 100 \quad (\%)$$

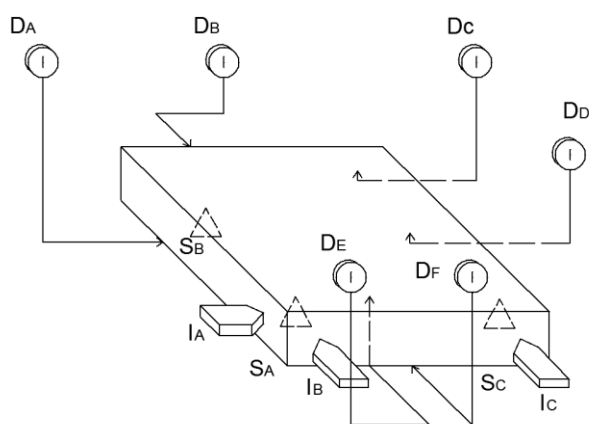


Figura 4.8 – Aparelho para medição da rectilinearidade, da perpendicularidade e da planaridade da superfície [N6]



Figura 4.9 – Aparelho para medição das características geométricas

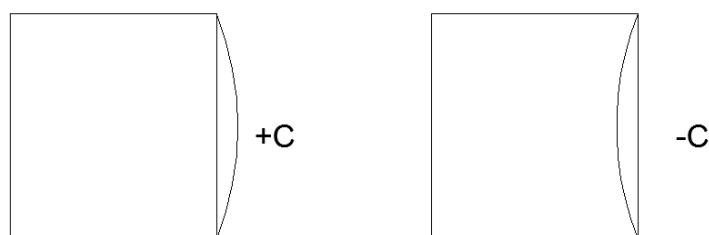


Figura 4.10 – Rectilinearidade dos lados [N6]

4.3.3.1. Procedimento

Coloca-se a placa padrão na sua posição exacta no aparelho e ajusta-se o comparador para um valor conhecido e adequado. De seguida, retira-se a placa padrão e coloca-se o ladrilho a ensaiar sobre as pontas de apoio (S_A , S_B , S_C) e as pontas de localização (I_A , I_B , I_C) a 5 mm de cada canto do lado a medir. Por fim, regista-se o valor lido no comparador no centro do lado efectuando as

medições da curvatura com aproximação de 0,1 mm e repete-se o procedimento para as restantes arestas.

No Quadro 4.9 estão representados os valores máximos de desvio da rectilinearidade (lados da face principal), em percentagem, relativo às dimensões de fabrico conforme os requisitos apresentados na norma *NP EN 14411* [N1]. Estes valores não são aplicáveis a ladrilhos com formatos curvos.

Quadro 4.9 – Requisitos de medição da rectilinearidade dos lados para ladrilhos cerâmicos [N1]

Ladrilhos cerâmicos extrudidos	Precisão		Natural	
E ≤ 0,5% (Grupo AI _a)	± 0,5%		± 0,6%	
0,5% < E ≤ 3% (Grupo AI _b)				
3% < E ≤ 6% (Grupo AII _a – Parte 1)				
3% < E ≤ 6% (Grupo AII _a – Parte 2)	± 1,0%		± 1,0%	
6% < E ≤ 10% (Grupo AII _b – Parte 1 e 2)				
E > 10% (Grupo AIII)				
Ladrilhos cerâmicos prensados a seco	Área S do produto (cm ²)			
	S ≤ 90	90 < S ≤ 190	190 < S ≤ 410	S > 410
E ≤ 0,5% (Grupo BI _a)	± 0,75%	± 0,5%	± 0,5%	± 0,5%
0,5% < E ≤ 3% (Grupo BI _b)				
3% < E ≤ 6% (Grupo BII _a)				
6% < E ≤ 10% (Grupo BII _b)				
Ladrilhos cerâmicos prensados a seco	Sem separador		Com separador	
E > 10% (Grupo BIII)	± 0,3%		± 0,3%	

4.3.4. Medição da ortogonalidade (perpendicularidade)

De acordo com a *NP EN ISO 10545-2* [N6], o desvio da ortogonalidade (ou perpendicularidade) é medido com o auxílio dos mesmos aparelhos e utensílios utilizados na medição da rectilinearidade dos lados, uma placa padrão e um instrumento do tipo da Figura 4.8 e 4.9.

É possível medir o desvio da ortogonalidade colocando um canto de um ladrilho sobre o canto de uma placa padrão, sendo o desvio calculado usando a seguinte fórmula:

$$\frac{\delta}{L} \times 100 \quad (\%)$$

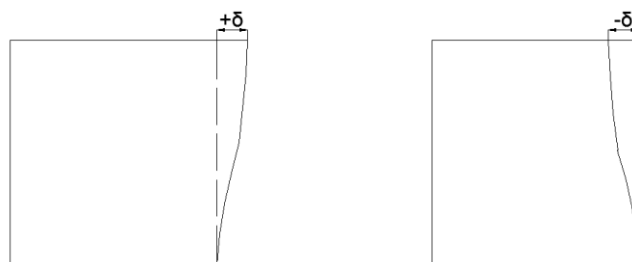


Figura 4.11 – Ortogonalidade (ou perpendicularidade) [N6]

4.3.4.1. Procedimento

Tal como na medição da rectilinearidade dos lados, deve-se colocar uma placa padrão na sua posição exacta e ajustar o comparador para um valor adequado e conhecido. Em seguida, retira-se a placa padrão e coloca-se o ladrilho no aparelho, com a face principal sobre as ponteiros de medição, as ponteiros de suporte (S_A , S_B , S_C) e as ponteiros de localização (I_A , I_B , I_C) posicionadas a 5 mm de cada canto adjacente do lado a medir. O ponteiro do comparador (D_A) deve também ser posicionado a 5 mm do canto do ladrilho sobre o lado a medir. O comparador (D_A) é utilizado para medir a ortogonalidade, devendo efectuar as medições com aproximação de 0,1 mm, repetindo o procedimento para as seguintes arestas.

No Quadro 4.10 estão representados os valores máximos de desvio angular, em percentagem, relativo às dimensões de fabrico conforme os requisitos na norma *NP EN 14411* [N1]. Tal como no ensaio anterior, estes valores não são aplicáveis a ladrilhos com formatos curvos.

Quadro 4.10 – Requisitos de medição da ortogonalidade para ladrilhos cerâmicos [N1]

Ladrilhos cerâmicos extrudidos	Precisão		Natural	
E ≤ 0,5% (Grupo AI _a) 0,5% < E ≤ 3% (Grupo AI _b) 3% < E ≤ 6% (Grupo AII _a – Parte 1 e 2) 6% < E ≤ 10% (Grupo AII _b – Parte 1 e 2) E > 10% (Grupo AIII)	± 1,0%		± 1,0%	
Ladrilhos cerâmicos prensados a seco	Área S do produto (cm ²)			
	S ≤ 90	90 < S ≤ 190	190 < S ≤ 410	S > 410
E ≤ 0,5% (Grupo BI _a) 0,5% < E ≤ 3% (Grupo BI _b) 3% < E ≤ 6% (Grupo BII _a) 6% < E ≤ 10% (Grupo BII _b)	± 1,0%	± 0,6%	± 0,6%	± 0,6%
Ladrilhos cerâmicos prensados a seco	Sem separador		Com separador	
E > 10% (Grupo BIII)	± 0,5%		± 0,3%	

4.3.5. Medição da planaridade (curvatura e empeno)

A planaridade da superfície é obtida com a medição de três pontos da superfície dos ladrilhos, para os quais é possível determinar a curvatura central, a curvatura lateral e o empeno. Os ladrilhos que apresentam sobre a face principal relevos que impedem a medição devem, quando possível, ser medidos sobre o tardo (parte interior do ladrilho).

Para ladrilhos de dimensões superiores a 40 mm x 40 mm de acordo com a norma *NP EN 10545-2* [N6], a medição da planaridade (curvatura e empeno) é determinada com o auxílio de uma placa perfeitamente plana e com um aparelho do tipo representado na Figura 4.8 e 4.9.

Para ladrilhos de dimensões inferiores ou iguais a 40 mm x 40 mm, a medição é feita com o auxílio de uma régua metálica rectilínea e calibres de espessura.

No Quadro 4.11 estão representados os valores máximos de desvio da planaridade, em percentagem, a partir das dimensões de fabrico conforme os requisitos da norma *NP EN 14411* [N1].

4.3.5.1. Curvatura central

A curvatura central é o afastamento do centro de um ladrilho, relativamente ao plano definido por três dos quatro cantos (ver Figura 4.12).

A curvatura central máxima é calculada, em percentagem ou em milímetros, em relação à diagonal calculada a partir das dimensões de fabricação, usando a seguinte fórmula:

$$\frac{\Delta C}{D} \times 100 \quad (\%)$$

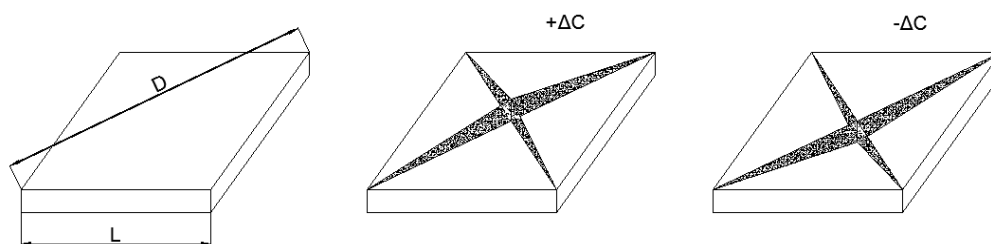


Figura 4.12 – Curvatura central [N6]

4.3.5.2. Curvatura lateral

A curvatura lateral é definida como o afastamento do centro de um dos lados de um ladrilho relativamente ao plano definido por três dos quatro cantos (ver Figura 4.13).

A curvatura lateral máxima é calculada, em percentagem ou em milímetros, em relação à dimensão de fabricação correspondente, utilizando a seguinte fórmula:

$$\frac{\Delta S}{L} \times 100 \quad (\%)$$

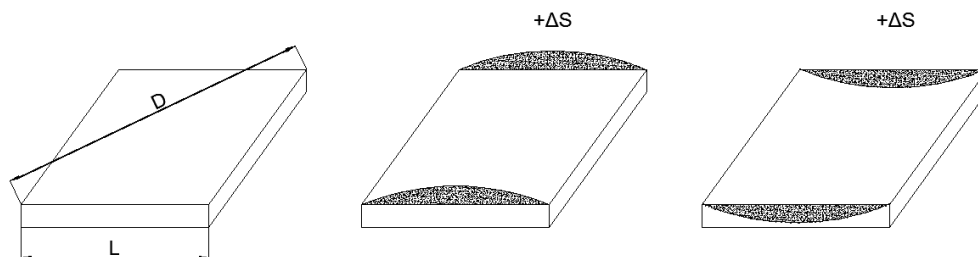


Figura 4.13 – Curvatura lateral [N6]

4.3.5.3. Empeno

O empeno é o afastamento do quarto canto de um ladrilho em relação ao plano definido pelos outros três (ver Figura 4.14).

O empeno máximo é calculado, em percentagem ou em milímetros, em relação à diagonal calculada a partir da dimensão de, utilizando a seguinte fórmula:

$$\frac{\Delta W}{D} \times 100 \quad (\%)$$

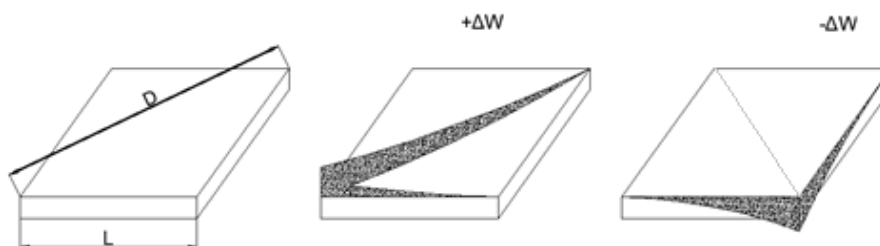


Figura 4.14 – Empeno [N6]

4.3.5.4. Procedimento para a medição da planaridade de ladrilhos de dimensões superiores a 40 mm × 40 mm

Coloca-se a placa padrão na sua posição exacta sobre os três ponteiros de suporte (S_A , S_B , S_C), posicionadas com exactidão. O centro de cada ponteira deve posicionar-se a 10 mm do lado do ladrilho e os dois comparadores exteriores (D_E , D_C) devem igualmente situar-se a 10 mm dos lados do ladrilho.

De seguida ajusta-se os três comparadores (D_D , D_E , D_C) para um valor de referência adequado. Depois do comparador ter sido previamente ajustado retira-se a placa padrão e coloca-se o ladrilho no aparelho com a face principal virada para baixo e regista-se os valores lidos nos três comparadores. Por fim, regista-se os valores máximos de curvatura central (D_D), de curvatura lateral (D_E) e de empeno (D_C) para cada ladrilho e repete-se o ensaio para as restantes arestas. Deve-se efectuar as medições com uma aproximação de 0,1 mm.

4.3.5.5. Procedimento para a medição da planaridade de ladrilhos de dimensões inferiores ou iguais a 40 mm x 40 mm

Para medir a curvatura lateral coloca-se a régua rectilínea ao longo das arestas e mede-se o afastamento entre a régua e o lado do ladrilho por meio de calibres de espessuras. De seguida, determina-se a curvatura central da mesma forma, mas segundo as diagonais do ladrilho.

Quadro 4.11 – Requisitos de medição da planaridade dos ladrilhos cerâmicos [N1]

Ladrilhos cerâmicos extrudidos: E ≤ 0,5% (Grupo AI _a); 0,5% < E ≤ 3% (Grupo AI _b); 3% < E ≤ 6% (Grupo AII _a – Parte 1)		Precisão	Natural		
a) Curvatura central		± 0,5%	± 1,5%		
b) Curvatura lateral		± 0,5%	± 1,5%		
c) Empeno lateral		± 0,8%	± 1,5%		
Ladrilhos cerâmicos extrudidos: 3% < E ≤ 6% (Grupo AII _a – Parte 2); 6% < E ≤ 10% (Grupo AII _b – Parte 1); 6% < E ≤ 10% (Grupo AII _b – Parte 2); E > 10% (Grupo AIII)		Precisão	Natural		
a) Curvatura central		± 1,0%	± 1,5%		
b) Curvatura lateral		± 1,0%	± 1,5%		
c) Empeno lateral		± 1,5%	± 1,5%		
Ladrilhos cerâmicos prensados a seco: E ≤ 0,5% (Grupo BI _a); 0,5% < E ≤ 3% (Grupo BI _b); 3% < E ≤ 6% (Grupo BII _a); 6% < E ≤ 10% (Grupo BII _b)	Área S do produto (cm²)				
	S ≤ 90	90 < S ≤ 190	190 < S ≤ 410	S > 410	
a) Curvatura central		± 1,0%	± 0,5%	± 0,5%	± 0,5%
b) Curvatura lateral		± 1,0%	± 0,5%	± 0,5%	± 0,5%
c) Empeno lateral		± 1,0%	± 0,5%	± 0,5%	± 0,5%
Ladrilhos cerâmicos prensados a seco: E > 10% (Grupo BIII)	Sem separador		Com separador		
a) Curvatura central	+ 0,5%		+ 0,8mm		
	- 0,3%		- 0,2mm		
b) Curvatura lateral	+ 0,5%		+ 0,8mm		
	- 0,3%		- 0,2mm		
c) Empeno lateral	± 0,5%		0,5mm para formatos ≤ 250cm ² 0,75mm para formatos > 250cm ²		

4.4. Qualidade da superfície

Sendo os ladrilhos cerâmicos produtos de revestimentos cerâmicos, torna-se fundamental garantirem uma boa qualidade estética da sua superfície principal. Antes de qualquer ensaio é avaliada a qualidade de superfície dos ladrilhos a ensaiar. Segundo a norma *NP EN 10545-2* [N6], a determinação do aspecto da qualidade da superfície dos ladrilhos é determinada com o número de ladrilhos sem defeitos superficiais (ver Quadro 4.12) com o auxílio de uma luz fluorescente, uma régua com 1 m e um luxímetro (aparelho para medir a iluminação), através do seguinte procedimento:

- 1) Coloca-se os ladrilhos com a face principal em observação, de forma que possam ser observados perpendicularmente a face a 1 m de distância;
- 2) Ilumina-se os ladrilhos com uma intensidade luminosa uniforme na superfície dos ladrilhos;
- 3) Verifica-se a intensidade luminosa no centro e em cada canto da superfície do painel de ladrilhos em ensaio;
- 4) A qualidade de superfície exprime-se em percentagem de ladrilhos sem defeitos.

Quadro 4.12 – Defeitos superficiais de ladrilhos cerâmicos [N6]

Fenda – qualquer fractura ocorrida na massa do ladrilho, visível na face principal e/ou tardo.
Fissura – fractura do vidrado com a forma de rachas irregulares, em linhas similares a cabelos.
Falha de vidrado – partes da face de um ladrilho virado não cobertas pelo vidro.
Irregularidade de superfície – depressão não intencional na face de um ladrilho ou de um vidrado.
Crateras – furos minúsculos na superfície de um ladrilho vidrado.
Desvitrificação do vidrado – cristalização não intencional do vidrado visível à vista desarmada.
Pontos e manchas – qualquer zona de face de um ladrilho que, de forma não intencional, contraste com o resto da face.
Defeitos sob o vidrado – qualquer defeito visível coberto pelo vidrado.
Defeitos de decoração – qualquer defeito visível na decoração.
Lascado – fragmento destacado dos lados, dos cantos ou da superfície de um ladrilho.
Bolha – pequena elevação da superfície, aberta ou fechada, provocada por saída de gases durante a cozedura.
Lado rugoso – qualquer irregularidade não intencional ao longo de um ladrilho.
Rebarba – excesso de vidrado acumulado sobre o lado de um ladrilho.

Segundo a norma *NP EN 14411* [N1], não são considerados defeitos as manchas ou pontos coloridos obtidos propositadamente, com fins decorativos.

Para todas as classes de ladrilhos cerâmicos poderem estar em conformidade com a norma, pelo menos 95 % de ladrilhos ensaiados não podem ter defeitos visíveis (ver Quadro 4.12) que prejudiquem o aspecto de uma área extensa do revestimento. De acordo com a mesma norma, devem ser examinados pelo menos 30 ladrilhos cerâmicos.

4.5. Absorção de água

A absorção de água é uma das propriedades físicas a ter em conta para os ladrilhos cerâmicos, sendo inclusive uma das características para a sua classificação, devendo ser ensaiada de acordo com norma *NP EN ISO 10545-3:2001 – Pavimentos e revestimentos cerâmicos. Parte 3: Determinação da absorção de água, da porosidade aberta, da densidade relativa aparente e da massa volúmica global* [N7].

Para determinar a absorção de água é necessário impregnar com água de uma das duas formas seguintes: por ebulição, onde serão impregnados os poros abertos mais acessíveis, ou por imersão sob vácuo no qual impregnará a quase totalidade dos poros abertos.

O método por ebulição deve ser aplicado na classificação e caracterização dos ladrilhos. Já o método com vácuo deve ser aplicado na determinação da porosidade aparente, densidade relativa aparente e absorção de água.

O cálculo da absorção de água, da porosidade aberta, da densidade relativa aparente e da massa volúmica global é feita a partir das relações existentes entre as massas dos provetes secos, saturados em água e suspensos em imersão.

O método de ensaio descrito em seguida é realizado com o auxílio de uma estufa, podendo funcionar a $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$; um aparelho de aquecimento, no qual é posta a água em ebulição; uma fonte de calor; balança; exsicador; pele de camurça; anel metálico, laço ou cesto, capaz de manter os provetes imersos em água, para permitir as medições de massas suspensas; proveta de vidro e uma câmara de vácuo e sistema de vácuo, com capacidade suficiente para manter um vácuo de (10 ± 1) kPa durante 30 min.

4.5.1. Procedimento

Este ensaio inicia-se com uma secagem inicial dos ladrilhos numa estufa, regulada para $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$, até à massa constante, isto é, até que a diferença de massa entre duas pesagens sucessivas com intervalos de 24 horas, seja inferior a 0,1 %. Deixa-se arrefecer os ladrilhos até à temperatura ambiente num exsicador (também conhecido por dessecador, aparelho que permite conservar os ladrilhos em ambiente com pouco teor em humidade).

De seguida, pesa-se cada ladrilho e regista-se os resultados com a precisão indicada no Quadro 4.13. Após a pesagem, impregna-se em água os ladrilhos cerâmicos segundo os métodos de ebulição e/ou imersão sob vácuo (4.5.1.1. e 4.5.1.2.) e conclui-se com a pesagem hidrostática no caso do método por imersão sob vácuo (4.5.1.3.).

Quadro 4.13 – Massa dos ladrilhos e precisão de medição [N7]

Massa do ladrilho seco	Precisão da medição
Valores em gramas	Valores em gramas
50 a 100	0,02
> 100 a 500	0,05
> 500 a 1000	0,25
> 1000 a 3000	0,50
> 3000	1,00

4.5.1.1. Impregnação em água – Método por ebulição

Coloca-se os ladrilhos em posição vertical, sem contactarem uns com os outros, dentro de um aparelho de aquecimento atestado com água, de forma que o nível de água acima dos ladrilhos seja de 5 cm. Mantém-se o nível de água 5 cm acima dos ladrilhos durante todo o tempo do ensaio. Deve-se aquecer a água até à ebulição e mantê-la assim durante duas horas, retirando depois a fonte de calor, deixando arrefecer os ladrilhos até à temperatura ambiente, mantendo-os totalmente imersos, durante $4 \text{ h} \pm 15 \text{ min}$. De seguida molha-se a pele de camurça e coloca-se sobre uma superfície plana, secando ligeiramente cada face de cada um dos ladrilhos consecutivamente.

Imediatamente após esta operação pesa-se cada provete e regista-se os resultados com a mesma precisão utilizada para as massas secas (ver Quadro 4.13).

4.5.1.2. Impregnação em água – Método por imersão sob vácuo

Coloca-se os ladrilhos em posição vertical, sem contactarem entre eles, dentro da câmara de vácuo. Estabelece-se um vácuo de $(10 \pm 1) \text{ kPa}$ durante 30min. Em seguida, sempre mantendo o vácuo, introduz-se água suficiente para cobrir os ladrilhos a uma altura de 5 cm. Elimina-se o vácuo e deixa-se os ladrilhos mergulhados na água durante 15 min. Tal como o método por ebulição, molha-se a pele de camurça e coloca-se sobre uma superfície plana, secando ligeiramente cada face de cada um dos ladrilhos consecutivamente.

Imediatamente após esta operação pesa-se (pesagem hidrostática) cada provete e regista-se os resultados com a mesma precisão utilizada para as massas secas (ver Quadro 4.13).

4.5.1.3. Pesagem hidrostática

Após impregnação sob vácuo, determina-se por pesagem hidrostática a massa m_3 (massa obtida por pesagem hidrostática dos ladrilhos impregnados sob vácuo), aproximada a 0,01 g, de cada um dos provetes de ensaio. Efectua-se a pesagem colocando o provete num anel metálico, num laço ou num cesto suspenso de um braço da balança.

4.5.2. Cálculo e expressão de resultados

Nos cálculos seguintes considera-se a massa de 1 cm^3 igual a 1 g.

m_1 – massa do ladrilho seco;

m_{2b} – massa do ladrilho impregnado pelo método de ebulição;

m_{2v} – massa do ladrilho impregnado pelo método de imersão sob vácuo;

m_3 – massa obtida por pesagem hidrostática dos ladrilhos impregnados sob vácuo.

4.5.2.1. Absorção da água

Para cada ladrilho, o coeficiente de absorção de água $E_{(b,v)}$, expresso em percentagem da massa seca, é calculado por meio da expressão:

$$E_{(b,v)} = \frac{m_{2(b,v)} - m_1}{m_1} \times 100 \quad (\%)$$

A designação E_b deve ser utilizada para o coeficiente determinado por aplicação de m_{2b} (método de ebulição) e E_v para o coeficiente determinado por aplicação de m_{2v} (método de imersão sob vácuo). E_b representa a penetração de água nos poros facilmente acessíveis, enquanto E_v representa a penetração de água na maior parte dos poros abertos.

4.5.2.2. Porosidade aberta

O volume exterior V , expresso em centímetros cúbicos, calcula-se pela expressão:

$$V = m_{2v} - m_3 \quad (cm^3)$$

O volume de poros abertos V_0 e o volume da porção impermeável V_i , expressos em centímetros cúbicos, são calculados pelas equações:

$$V_0 = m_{2v} - m_1 \quad (cm^3)$$

$$V_i = m_1 - m_3 \quad (cm^3)$$

A porosidade aparente P , expressa em percentagem, é a relação existente entre o volume da porosidade aberta do provete e o seu volume exterior. A porosidade aparente é calculada pela equação:

$$P = \frac{m_{2v} - m_1}{V} \times 100 \quad (\%)$$

4.5.2.3. Densidade relativa aparente

A densidade relativa aparente, T , da parte impermeável do provete de ensaio, é calculada pela expressão:

$$T = \frac{m_1}{m_1 - m_3}$$

4.5.2.4. Massa volúmica global

A massa volúmica global de um provete, B , expressa em gramas por centímetro cúbico, é o quociente da sua massa seca dividida pelo volume exterior, incluindo os poros. Calcula-se a massa volúmica global pela equação:

$$B = \frac{m_1}{V} \quad (g/cm^3)$$

4.5.3. Requisitos

Segundo a norma *NP EN 14411* [N1], os requisitos para o ensaio de medição de absorção de água (percentagem em massa) devem estar em conformidade com o Quadro 4.14.

Quadro 4.14 – Requisitos da medição de absorção de água [N1]

Requisitos de ladrilhos extrudidos	Requisitos de ladrilhos prensados a seco
Grupo AI_a: $E \leq 0,5\%$ Máximo individual 0,6%	Grupo BI_a: $E \leq 0,5\%$ Máximo individual 0,6%
Grupo AI_b: $0,5\% < E \leq 3\%$ Máximo individual 3,3%	Grupo BI_b: $0,5\% < E \leq 3\%$ Máximo individual 3,3%
Grupo AII_a – Parte 1 e 2: $3\% < E \leq 6\%$ Máximo individual 6,5%	Grupo BII_a: $3\% < E \leq 6\%$ Máximo individual 6,5%
Grupo AII_b – Parte 1 e 2: $6\% < E \leq 10\%$ Máximo individual 11%	Grupo BII_b: $6\% < E \leq 10\%$ Máximo individual 11%
Grupo AIII: $E > 10\%$	Grupo BIII: Média $> 10\%$. Quando a média excede 20%, o produtor deve declara-lo Valor mínimo individual 9%

Nota: Um ladrilho totalmente vitrificado tem um valor individual máximo para a absorção de água igual a 0,5%

4.6. Resistência à flexão e módulo de ruptura

O método de ensaio para a determinação do módulo de ruptura¹¹ e da resistência à flexão¹² dos ladrilhos cerâmicos é definido pela norma *NP EN ISO 10545-4:2001 – Pavimentos e revestimentos cerâmicos. Parte 4: Determinação do módulo de ruptura e da resistência à flexão* [N8].

A resistência à flexão e ao módulo de ruptura são características essenciais para os ladrilhos cerâmicos, tornando-se relevante o seu cálculo. Este ensaio faz parte dos ensaios obrigatórios, havendo requisitos mínimos para estarem em conformidade segundo a norma *NP EN 14411* [N1].

¹¹ Módulo de ruptura – grandeza, expressa em newtons por milímetro quadrado, obtida por divisão da resistência à flexão calculada pelo quadrado da espessura mínima medida no bordo de ruptura [N8].

¹² Resistência à flexão – força calculada, expressa em newtons, multiplicando a carga de ruptura pela relação “afastamento dos roletes de apoio” / “largura do provete de ensaio” [N8].

Este ensaio consiste em determinar a carga de ruptura¹³, a resistência à flexão e o módulo de ruptura por aplicação de uma força no centro do ladrilho com uma velocidade definida, estando o ponto de aplicação em contacto com a sua face principal.

O método de ensaio descrito em seguida é realizado com o auxílio de uma estufa, um manómetro registador, com uma precisão de 2,0 %, dois roletes cilíndricos de apoio metálicos e um rolete central cilíndrico.

4.6.1. Procedimento

De acordo com a norma, “Sempre que possível devem ser ensaiados ladrilhos inteiros. Contudo, pode ser necessário cortar ladrilhos excepcionalmente grandes (isto é, os que excederem 300 mm de comprimento) bem como de formato não rectangular, a fim de os poder colocar no aparelho” [N8].

Após a selecção dos ladrilhos a ensaiar, procede-se ao respectivo ensaio. Com uma escova dura remove-se todas as partículas aderentes ao tardo de cada provete a ensaiar. De seguida seca-se cada provete na estufa, mantida a $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ até à massa constante. Os provetes a ensaiar podem ser arrefecidos dentro da estufa desligada e fechada ou num exsiccador, sobre gel de sílica ou outro exsicante adequado, excepto um ácido, até à temperatura ambiente.

Em seguida, coloca-se o provete de ensaio sobre os roletes de apoio revestidos com borracha, dois roletes cilíndricos de apoio metálicos e um rolete central cilíndrico (ver Figura 4.15), com a superfície vidrada ou principal virada para cima de modo que o provete ultrapasse cada rolete de apoio de um comprimento l (ver Figura 4.15 e Quadro 4.15).

No caso dos ladrilhos reversíveis, não interessa qual o ladro do ladrilho que fica virado para cima. Para ladrilhos extrudidos, coloca-se o provete de tal forma que as nervuras de reforço fiquem perpendiculares aos roletes de apoio. Para todos os ladrilhos rectangulares, coloca-se o provete com o lado maior perpendicular aos roletes de apoio. Para azulejos e ladrilhos com superfície em relevo, coloca-se uma segunda camada de borracha de espessura apropriada, segundo o Quadro 4.15, no rolete central em contacto com a superfície em relevo.

Por fim, posiciona-se o rolete central equidistante dos dois roletes de apoio e aplica-se a carga repartida uniformemente, de tal forma que a tensão aumente de $(1 \pm 0,2) \text{ N/mm}^2$ por segundo e regista-se a carga de ruptura.

¹³ Carga de ruptura – força necessária, expressa em newtons, para provocar a ruptura do provete de ensaio, lida num manómetro [N8].

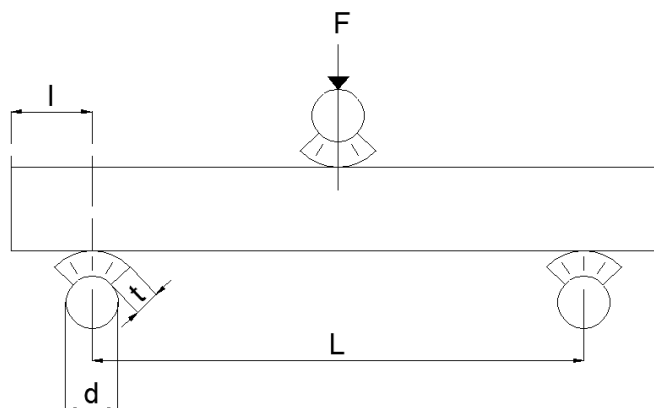


Figura 4.15 – Roletes de apoio [N8]

Quadro 4.15 – Diâmetros dos roletes, espessura de borracha e comprimento l [N8]

Dimensão do ladrilho (mm)	Diâmetro do rolo d (mm)	Espessura da borracha t (mm)	Distancias entre os pontos de apoio e as extremidades do ladrilho l (mm)
≥ 95	20	5 ± 1	10
< 95 mas ≥ 40	10	$2,5 \pm 0,5$	5
< 48 mas ≥ 18	5	$1 \pm 0,2$	2

4.6.2. Cálculo e expressão de resultados

Segundo a *NP EN ISO 10545-4*, na secção 8 “Para calcular a resistência média à flexão apenas devem ser utilizados os resultados obtidos com provetes cuja ruptura se deu numa parte central de comprimento equivalente ao diâmetro do rolo central” [N8].

A resistência à flexão de cada provete, S , expressa em newtons é calculada pela equação:

$$S = \frac{F \times L}{b} \quad (N)$$

O módulo de ruptura de cada provete, R , expresso por em newtons por milímetro quadrado, é calculado pela seguinte equação:

$$R = \frac{3 \times F \times L}{2 \times b \times h^2} \quad (N/mm^2)$$

$$R = \frac{3 \times S}{2 \times h^2} \quad (N/mm^2)$$

4.6.3. Requisitos

De acordo com a norma *NP EN 14411* [N1], os requisitos para a resistência à flexão dos ladrilhos cerâmicos vão depender da sua espessura.

Em relação ao módulo de ruptura, expresso em N/mm^2 , a norma não prevê qualquer requisito para ladrilhos cerâmicos com resistência à flexão $\geq 3000 \text{ N}$.

No Quadro 4.16 estão apresentados todos os valores mínimos de resistência à flexão e módulo de ruptura para todas as classes de ladrilhos cerâmicos estarem em conformidade com os requisitos da norma.

Quadro 4.16 – Requisitos da resistência à flexão e módulo de ruptura dos ladrilhos cerâmicos [N1]

Resistência à flexão, N a) Espessura $\geq 7,5\text{mm}$ b) Espessura $< 7,5\text{mm}$ Módulo de ruptura em N/mm^2	Grupo AI_a: $E \leq 0,5\%$ $\geq 1300 \text{ N}$ $\geq 600 \text{ N}$ Mínimo 28, mínimo individual 21	Grupo AI_b: $0,5\% < E \leq 3\%$ $\geq 1100 \text{ N}$ $\geq 600 \text{ N}$ Mínimo 23, mínimo individual 18
Resistência à flexão, N a) Espessura $\geq 7,5\text{mm}$ b) Espessura $< 7,5\text{mm}$ Módulo de ruptura em N/mm^2	Grupo AII_a – Parte 1: $3\% < E \leq 6\%$ $\geq 950 \text{ N}$ $\geq 600 \text{ N}$ Mínimo 20, mínimo individual 18	Grupo AII_a – Parte 2: $3\% < E \leq 6\%$ $\geq 800 \text{ N}$ $\geq 600 \text{ N}$ Mínimo 13, mínimo individual 11
Resistência à flexão, N a) Espessura $\geq 7,5\text{mm}$ b) Espessura $< 7,5\text{mm}$ Módulo de ruptura em N/mm^2	Grupo BI_a: $E \leq 0,5\%$ $\geq 1300 \text{ N}$ $\geq 700 \text{ N}$ Mínimo 35, mínimo individual 32	Grupo BI_b: $0,5\% < E \leq 3\%$ $\geq 1100 \text{ N}$ $\geq 700 \text{ N}$ Mínimo 30, mínimo individual 27
Resistência à flexão, N a) Espessura $\geq 7,5\text{mm}$ b) Espessura $< 7,5\text{mm}$ Módulo de ruptura em N/mm^2	Grupo BII_a: $3\% < E \leq 6\%$ $\geq 1000 \text{ N}$ $\geq 600 \text{ N}$ Mínimo 22, mínimo individual 20	Grupo BII_b: $6\% < E \leq 10\%$ $\geq 800 \text{ N}$ $\geq 500 \text{ N}$ Mínimo 18, mínimo individual 16
Resistência à flexão, N Módulo de ruptura em N/mm^2	Grupo AII_b – Parte 1: $6\% < E \leq 10\%$ $\geq 900 \text{ N}$ Mínimo 17,5, mínimo individual 15	Grupo AII_b – Parte 2: $6\% < E \leq 10\%$ $\geq 750 \text{ N}$ Mínimo 9, mínimo individual 8
Resistência à flexão, N a) Espessura $\geq 7,5\text{mm}$ b) Espessura $< 7,5\text{mm}$ Módulo de ruptura em N/mm^2 a) Espessura $\geq 7,5 \text{ mm}$ b) Espessura $< 7,5\text{mm}$	Grupo AIII: $E > 10\%$ $\geq 750 \text{ N}$ $\geq 750 \text{ N}$ Mínimo 9, mínimo individual 8 Mínimo 9, mínimo individual 8	Grupo BIII: $E > 10\%$ $\geq 600 \text{ N}$ $\geq 200 \text{ N}$ $\geq 15 \text{ N/mm}^2$ $\geq 12 \text{ N/mm}^2$

4.7. Resistência ao impacto

De acordo com o Anexo P da norma *NP EN 14411* [N1], o ensaio para a determinação da resistência ao impacto pelo coeficiente de restituição¹⁴ aplica-se apenas a ladrilhos utilizados em áreas onde a resistência ao impacto é considerada de especial importância, não sendo um ensaio obrigatório. “O requisito normal para instalações com serviço ligeiro é um coeficiente de restituição de 0,55. Para aplicações com condições de serviço mais pesadas deverá ser requerido um valor mais elevado” [N9].

¹⁴ Coeficiente de restituição entre dois corpos que chocam, (e) – velocidade relativa inicial a dividir pela velocidade relativa de aproximação [N9].

A norma referente a este ensaio é a norma *NP EN ISO 10545-5:2004 – Pavimentos e revestimentos cerâmicos. Parte 5: Determinação da resistência ao impacto por medição do coeficiente de restituição* [N9]. Este ensaio consiste em fazer cair uma esfera de uma altura determinada sobre o provete de ensaio medindo a altura do ressalto.

Os aparelhos e utensílios a utilizar para a determinação do coeficiente de restituição são os seguintes: esfera de aço cromada, de diâmetro $(19 \pm 0,05)$ mm; aparelho de queda da esfera (ver Figura 4.16) e equipamento electrónico de medição de tempo (opcional) que por meio de um microfone mede o intervalo de tempo entre o primeiro e o segundo impacto, quando a esfera cai sobre o provete a ensaiar.

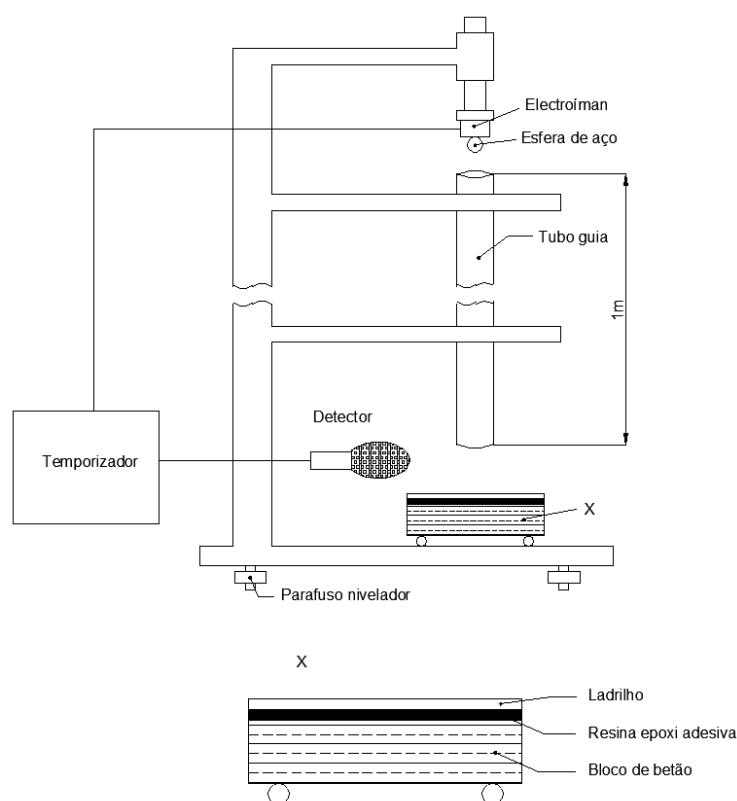


Figura 4.16 – Aparelho de queda de esfera [N9]

4.7.1. Procedimento

Os provetes a ensaiar são aplicados em blocos ou placas de betão com uma resina epoxídica rígida. Estes blocos ou placas podem ser feitos por adição de uma parte em massa de cimento Portland para 4,5 a 5,5 partes em massa de agregado. O agregado pode ser areia grossa com partículas de tamanho entre 0 a 8 mm com uma curva granulométrica de limites do tipo apresentada na norma *NP EN ISO 10545-5* [N9], na secção 5, Figura 2. A relação água/cimento deve ser 0,5.

Para a respectiva montagem dos provetes de ensaio, deve-se espalhar a resina epoxídica, sem que contenha ingredientes que aumentem a flexibilidade, numa camada uniforme de cerca de 2 mm de espessura sobre a superfície superior de um bloco de betão curado, conforme a norma. De seguida pressiona-se o provete de ensaio sobre a resina, com a face principal voltada para cima,

mantendo o provete durante 3 dias a uma temperatura de $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ e a $(50 \pm 5) \%$ de humidade relativa, antes de ensaiar.

Após esse período, ajusta-se o aparelho de queda de esfera por meio dos parafusos nivelados até que a barra de aço fique na vertical. Coloca-se o provete a ensaiar debaixo do electroímã para que a esfera de aço, desprendida do electroímã, caia no centro do provete de ensaio, mantido em posição no suporte por meio de grampos.

Em seguida, procede-se ao ensaio, libertando a esfera de aço de uma altura de 1 m acima da face principal do provete deixando-a ressaltar. Mede-se a altura do ressalto com aproximação ± 1 mm por meio de um detector adequado e calcula-se o respectivo coeficiente de restituição (e).

Alternativamente pode-se deixar a esfera ressaltar duas vezes, registando o tempo entre os ressaltos e calcula-se a altura de ressalto e o respectivo coeficiente de restituição.

Deve-se examinar a superfície do ladrilho procurando sinais de fracturas. As fendas de menores dimensões que não forem visíveis à distância de 1 m à vista desarmada, devem ser ignoradas.

4.7.2. Cálculo e expressão de resultados

O coeficiente de restituição (e) para uma esfera caindo sobre uma superfície horizontal estática é calculado pela equação:

$$e = \frac{v}{u}$$

Pelo princípio da conservação de energia, tem-se:

$$\frac{m \times v^2}{2} = m \times g \times h_2$$

Logo:

$$v = \sqrt{2 \times g \times h_2}$$

Do mesmo modo, pela lei da conservação de energia, tem-se:

$$\frac{m \times u^2}{2} = m \times g \times h_1$$

Logo:

$$u = \sqrt{2 \times g \times h_1}$$

Por isso, o coeficiente de restituição pode ser calculado pela equação:

$$e = \sqrt{\frac{h_2}{h_1}}$$

Alternativamente, se a altura de ressalto é determinada permitindo que a esfera ressalte duas vezes e medindo o intervalo de tempo entre dois ressaltos, pela equação do movimento tem-se:

$$h_2 = u_0 \times t + \frac{g \times t^2}{2} \quad (cm)$$

Assim sendo:

$$h_2 = 122,6 \times T^2$$

4.8. Resistência à abrasão profunda para ladrilhos não vidrados (UGL)

O ensaio para a determinação da resistência à abrasão profunda é apenas relevante em ladrilhos cerâmicos não vidrados para aplicação em pavimentos no interior e/ou exterior, pois tratando-se de pavimentos, torna-se necessário adquirir características resistentes aos materiais rígidos, para melhor conforto, estética e segurança do utilizador. O método de ensaio para a determinação da resistência à abrasão profunda em ladrilhos cerâmicos não vidrados é descrito na norma *NP EN ISO 10545-6:2004 – Pavimentos e revestimentos cerâmicos. Parte 6: Determinação da resistência à abrasão profunda para ladrilhos não vidrados* [N10].

Este ensaio consiste em determinar a resistência à abrasão por medição do comprimento da incisão produzida na face principal por um disco rotativo, usando um material abrasivo.

O método de ensaio descrito em seguida é realizado com o auxílio dos seguintes aparelhos e utensílios: um aparelho de abrasão (ver Figura 4.17 e 4.18), consistindo num disco rotativo, numa tremonha equipada com um dispositivo de regulação da queda do material abrasivo e um suporte para os provetes com um contrapeso; um aparelho de medição com exactidão de 0,1 mm e um material abrasivo, como está referido na norma, óxido de alumínio branco com grão de designação F 80, em conformidade com a *ISO 8486-1* [N11].

4.8.1. Procedimento

Segundo a norma, “Os ensaios devem ser feitos em ladrilhos inteiros ou em provetes de dimensões apropriadas. Devem ser ensaiados provetes limpos e secos” [N10].

Após a preparação dos ladrilhos a ensaiar, coloca-se um provete no aparelho de abrasão tangencialmente contra o disco rotativo, assegurando que o material abrasivo cai uniformemente na zona de desgaste, com um débito de (100 ± 10) g/100 rotações fazendo girar o disco em 150

rotações. De seguida remove-se o provete do aparelho e mede-se o comprimento da corda L da incisão, com aproximação de 0,5 mm.

Deve-se ensaiar cada provete pelo menos em dois pontos da sua face principal, para obter duas incisões perpendiculares entre si, sendo que material abrasivo não pode ser reutilizado.

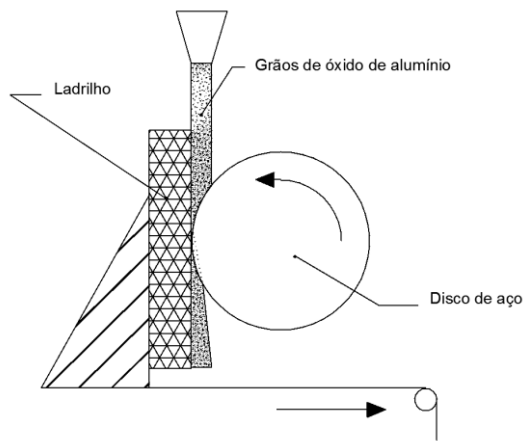


Figura 4.17 – Representação esquemática do equipamento de abrasão profunda [N10]



Figura 4.18 – Equipamento de abrasão

4.8.2. Cálculo e expressão de resultados

A resistência à abrasão profunda exprime-se como sendo o volume V em milímetros cúbicos, de material arrancado, que se calcula a partir da corda L da incisão, por meio da expressão:

$$V = \left(\frac{\pi \times \alpha}{180} - \text{sen} \alpha \right) \times \frac{h \times d^2}{8} \quad (mm^3)$$

Com:

$$\text{sen}(0,5 \times \alpha) = L/d$$

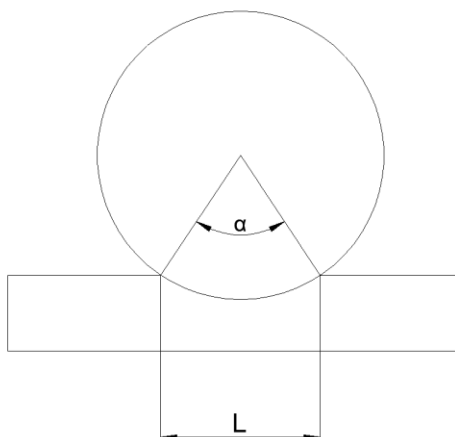


Figura 4.19 – Definição da corda [N10]

4.8.3. Requisitos

Sendo um ensaio obrigatório segundo a norma *NP EN 14411* [N1], torna-se necessário a existência de requisitos para os ladrilhos cerâmicos estarem em conformidade segundo a norma.

No Quadro 4.17 estão apresentados todos os valores máximos de resistência à abrasão profunda de ladrilhos cerâmicos não vidrados (UGL), volume de material removido, em milímetros cúbicos para todas as classes de ladrilhos cerâmicos não vidrados.

Quadro 4.17 – Requisitos da resistência à abrasão profunda de ladrilhos não vidrados [N1]

Classes	Volume de material removido, em mm ³
Grupo AI_a: $E \leq 0,5\%$	Máximo 275
Grupo AI_b: $0,5\% < E \leq 3\%$	Máximo 275
Grupo AII_a – Parte 1: $3\% < E \leq 6\%$	Máximo 393
Grupo AII_a – Parte 2: $3\% < E \leq 6\%$	Máximo 541
Grupo AII_b – Parte 1: $6\% < E \leq 10\%$	Máximo 649
Grupo AII_b – Parte 2: $6\% < E \leq 10\%$	Máximo 1062
Grupo AIII: $E > 10\%$	Máximo 2365
Grupo BI_a: $E \leq 0,5\%$	Máximo 175
Grupo BI_b: $0,5\% < E \leq 3\%$	
Grupo BII_a: $3\% < E \leq 6\%$	Máximo 345
Grupo BII_b: $6\% < E \leq 10\%$	Máximo 540

4.9. Resistência à abrasão superficial para ladrilhos vidrados (GL)

Do mesmo modo do ensaio anterior, o ensaio para a determinação da resistência à abrasão superficial é apenas relevante em ladrilhos cerâmicos vidrados para aplicação em pavimentos no interior e/ou exterior, pois tratando-se de pavimentos, torna-se necessário adquirir características resistentes aos materiais rígidos, para melhor conforto, estética e segurança do utilizador, sendo o factor estético bastante importante tratando-se de ladrilhos vidrados.

A determinação da resistência à abrasão superficial dos ladrilhos cerâmicos vidrados, GL, utilizados em pavimentos (exteriores ou interiores) é feita segundo o método especificado na *NP EN ISO 10545-7:2000 – Pavimentos e revestimentos cerâmicos. Parte 7: Determinação da resistência à abrasão superficial para ladrilhos vidrados* [N12]. Este método de ensaio consiste em determinar a resistência do vidrado à abrasão por rotação de uma carga abrasiva sobre a superfície e avaliação do desgaste por comparação visual de provetes ensaiados e de ladrilhos não ensaiados.

4.9.1. Aparelhos e utensílios de ensaio

De acordo com a norma, os aparelhos e utensílios utilizados neste ensaio devem possuir os seguintes requisitos:

- Abrasímetro (ver Figura 4.21): consistindo num contentor em aço com um accionamento eléctrico no interior, ligado a uma placa horizontal de suporte com posições para ensaio de provetes de dimensões mínimas de 100 mm x 100 mm. A placa de suporte deve rodar a 300 revoluções/min com uma excentricidade, e , de 22,5 mm de forma que a totalidade de cada provete de ensaio descreva um movimento circular de diâmetro 45 mm. Os provetes de ensaio são colocados no aparelho por meio de fixadores metálicos, equipadas com vedantes de borracha. O diâmetro interior das câmaras é de 83 mm, disponibilizando uma área de ensaio de cerca de 54 cm². A espessura da borracha é de 9 mm e a altura do espaço interior do fixador é de 22,5 mm. A placa de suporte com as câmaras e os provetes de ensaio devem ser cobertas durante o seu funcionamento.
- Equipamento para avaliação visual (ver Figura 4.22): consistindo numa câmara de observação equipada com luz fluorescente, colocada verticalmente por cima da superfície a ser observada. As paredes interiores da câmara devem ser pintadas de cinzento neutro. A fonte de luz deve ter uma antepara para impedir a sua observação directa.
- Estufa de secagem: podendo ser operada a $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$.
- Balança: caso seja necessário avaliar a perda de massa.
- Carga abrasiva: a carga total sobre cada provete de ensaio consiste em: 70,0 g de esferas de aço com diâmetro 5 mm; 52,5 g de esferas de aço com diâmetro 3 mm; 43,75 g de esferas de aço com diâmetro 2 mm; 8,75 g de esferas de aço com diâmetro 1 mm; 3,0 g de corindo com granulometria F 80 segundo a ISO 8486-1 [N11] e 20 ml de água desmineralizada ou destilada.



Figura 4.20 – Abrasímetro

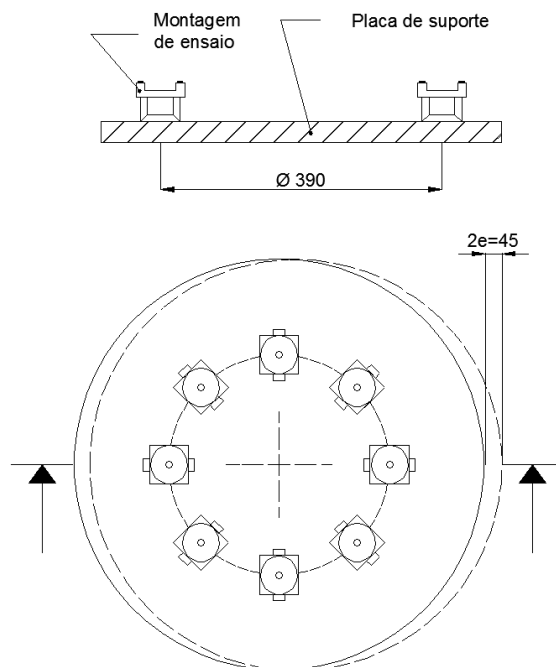


Figura 4.21 – Abrasímetro (dimensões em milímetros) [N12]

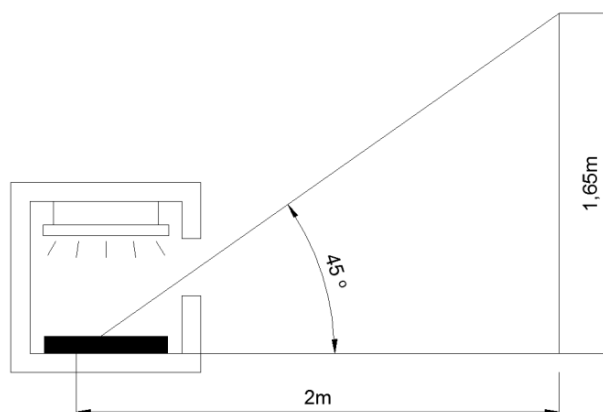


Figura 4.22 – Montagem para avaliação visual [N12]

4.9.2. Procedimento

Os provetes de ensaio devem ser representativos da amostra, ou seja, quando os ladrilhos apresentam diferentes cores ou efeitos decorativos em partes da superfície, deve haver o cuidado de incluir todas as partes distintas. As dimensões usuais da face de provetes são 100 mm x 100 mm. Os provetes de menores dimensões devem ser apertados juntos num acessório de suporte adequado.

Antes do início do ensaio é necessário limpar e secar as superfícies vidradas dos ladrilhos a ensaiar. O procedimento requer um provete para cada etapa de abrasão e subsequentemente outros três provetes para verificar o resultado no ponto de falha visual.

A calibração do abrasímetro é necessária ocasionalmente ou quando existe dúvidas relativamente à validade dos resultados. No Anexo A, da norma *NP EN ISO 10545-7* [N12], é descrito um método de calibração possível.

Após a preparação dos provetes dá-se início ao ensaio aplicando uma câmara de abrasão sobre a superfície vidrada de cada provete de ensaio no abrasímetro. De seguida introduz-se a carga abrasiva dentro da câmara, através do orifício existente na sua superfície superior, vedando depois o orifício para evitar perda da carga abrasiva. O número de rotações previamente seleccionado no contador do abrasímetro para cada estágio de abrasão do ensaio é 100, 150, 600, 750, 1500, 2100, 6000 e 12000, respectivamente. Deve-se remover um provete de ensaio depois de cada estágio de abrasão e continuar o ensaio até ser observado desgaste na superfície vidrada ensaiada.

Após a abrasão lava-se e seca-se os provetes numa estufa a $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$. Caso os provetes apresentem manchas com óxido de ferro deve-se remover as manchas com o auxílio de ácido clorídrico, lavando de imediato em água corrente.

Para a comparação visual, rodeia-se os provetes ensaiados com ladrilhos não ensaiados, exactamente do mesmo tipo, num aparelho para avaliação visual sob uma intensidade luminosa. Deve-se observar à vista desarmada a uma distância de 2 m e uma altura de 1,65 m, numa sala escurecida, registando o número de rotações para o qual aparece uma alteração nitidamente visível na área submetida à abrasão, sendo necessário o consenso de pelo menos três observadores, para o erro ser o menor possível.

Verifica-se o resultado repetindo o ensaio para o estágio de abrasão em que foi observada a falha e também para os estágios imediatamente anterior e posterior. Se o resultado não for o mesmo, utiliza-se o mais baixo dos dois estágios de abrasão para decidir a classificação.

Em seguida, ensaia-se a área desgastada do ladrilho que passou o estágio das 12000 rotações na resistência às manchas, em conformidade com a norma *NP EN ISO 10545-14* [N13].

Lavam-se as esferas de aço em água depois de utilizadas, seguidamente em álcool metílico e secam-se cuidadosamente para evitar a ferrugem. Antes de cada ensaio peneira-se as esferas de aço da carga abrasiva de acordo com os diâmetros especificados (secção 4.9.1. – Carga abrasiva) e repõem-se eventuais faltas em qualquer categoria.

De acordo com a norma, “Se existir acordo para a determinação da perda de massa sofrida pela superfície dos ladrilhos durante o ensaio de abrasão, isso deve ser feito medindo a massa seca de três provetes antes do ensaio e após 6000 rotações. Existindo acordo, para ladrilhos ensaiados a que foram aplicados estágios de 1500, 2100 e 6000 rotações, determinar subsequentemente a resistência às manchas de acordo com a *ISO 10545-14*, no estágio de abrasão em que ocorreu falha visível. Outras propriedades relevantes podem ser determinadas por acordo, durante a execução do procedimento de ensaio como por exemplo, alteração de cor ou de brilho. A informação adicional obtida por acordo não deve ser utilizada para classificar ladrilhos” [N12].

4.9.3. Classificação dos resultados

Os provetes ensaiados devem ser classificados de acordo com o Quadro 4.18. O produtor deve indicar a classe de abrasão e o número de ciclos aplicados nos ladrilhos cerâmicos. Se os provetes a ensaiar forem classificados para a Classe 5, o ladrilho deve também passar no ensaio especificado na norma *NP EN ISO 10545-14* [N13] para a resistência às manchas na zona desgastada. Contudo, devem ser adoptadas as seguintes modificações à norma *NP EN ISO 10545-14* [N13]:

- 1) Apenas pode ser usado um ladrilho desgastado (> 12000 rotações), desde que haja o cuidado de assegurar a separação das manchas (por exemplo cortar o ladrilho desgastado antes do ensaio de resistência às manchas);
- 2) Deve ser seguido o procedimento de limpeza D especificado na *NP EN ISO 10545-14* [N13], sem que antes tenham sido utilizados os procedimentos A, B e C.

Se depois de 12000 rotações não forem visíveis falhas mas as manchas não forem removíveis por qualquer procedimento (A, B, C ou D) especificados na *NP EN ISO 10545-14* [N13], o ladrilho é classificado na Classe 4.

Quadro 4.18 – Classificação de ladrilhos cerâmicos vidrados, GL [N12]

Estágio de abrasão; Falha visível a rotações	Classe
100	0
150	1
600	2
750, 1500	3
2100, 6000, 12000	4
>12000 ¹⁾	5

¹⁾ Tem de passar o ensaio especificado na ISO 10545-14 [N13] para a resistência às manchas

O Anexo N da norma *NP EN 14411* [N1] classifica os ladrilhos vidrados para pavimentos segundo a sua resistência à abrasão. O Quadro 4.19 lista essa mesma classificação.

Quadro 4.19 – Classificação de ladrilhos vidrados para pavimentos segundo a sua resistência à abrasão [N1]

Classe 0	Ladrilhos vidrados desta classe não são recomendados para aplicação em pavimentos.
Classe 1	Revestimentos de pavimentos em áreas que são pisadas com sapatos de solas macias ou com os pés descalços, sem poeiras abrasivas (por exemplo, quartos de banho e de dormir residenciais, não directamente acessíveis do exterior).
Classe 2	Revestimentos de pavimentos em áreas que são pisadas com sapatos de solas macias ou com sapatos de solas normais ocasionalmente com, no máximo, pequenas quantidades de poeiras abrasivas (por exemplo, compartimentos em áreas habitacionais de casas, com excepção de cozinhas, átrios e outros compartimentos que possam ter muito movimento). Isto não se aplica a calçado especial, como por exemplo, botas cardadas.
Classe 3	Revestimentos de pavimentos em áreas que são pisadas com sapatos comuns, quase sempre com pequenas quantidades de poeiras abrasivas (por exemplo, cozinhas de residências, átrios, corredores, varandas, marquises e terraços). Isto não se aplica a calçado especial, como por exemplo, botas cardadas.
Classe 4	Revestimento de pavimentos que são pisados por movimento regular com alguma poeira abrasiva, em condições mais severas que as da Classe 3 (por exemplo, entradas, cozinhas, comerciais, hotéis, salas de exposição e vendas).
Classe 5	Revestimentos de pavimentos que são sujeitos a severa movimentação pedestre durante longos períodos, com alguma poeira abrasiva, nas condições mais severas que os pavimentos vidrados podem suportar (por exemplo, áreas publicas tais como centros comerciais, aeroportos, átrios de hotel, passeios públicos e aplicações industriais).

Nota: Esta classificação é válida para as aplicações indicadas, em condições normais

A norma *NP EN 14411* [N1], não define qualquer especificação de produtos rigorosos, com requisitos específicos, apenas refere que a classificação do Quadro 4.19 serve apenas como orientação, no entanto, encontra-se citado no Anexo N, que “Deverão ser apresentadas considerações relativas ao calçado, tipo de movimento e métodos de limpeza e os pavimentos serem adequadamente protegidos das poeiras abrasivas nas entradas dos edifícios, colocando aí acessórios para limpeza do calçado. Em casos extremos de movimento muito intenso com

quantidades significativas de poeiras abrasivas, podem ser considerados pavimentos com ladrilhos não vidrados e pavimentos com ladrilhos extrudidos simples, do Grupo I” [N1].

4.10. Dilatação linear de origem térmica

Este ensaio não faz parte dos requisitos de ensaios obrigatórios, pois segundo o Anexo P, da norma *NP EN 14411* “Muitos pavimentos e revestimentos cerâmicos apresentam baixos níveis de expansão térmica linear. Este ensaio aplica-se a ladrilhos destinados a áreas com grandes variações de temperatura” [N1].

O método de ensaio encontra-se na norma *NP EN ISO 10545-8:2004 – Pavimentos e revestimentos cerâmicos. Parte 8: Determinação da dilatação linear de origem térmica* [N14]. Este ensaio consiste em determinar o coeficiente de dilatação linear de origem térmica dos ladrilhos cerâmicos numa gama de temperaturas desde a temperatura ambiente até aos 100 °C.

Os aparelhos e utensílios utilizados neste tipo de ensaio são: dilatómetro, aparelho que permite medir a dilatação térmica dos provetes com capacidade de aquecimento de $(5 \pm 1) \text{ }^{\circ}\text{C/min}$ com distribuição uniforme de calor nos provetes de ensaio; paquímetro (aparelho de medição); estufa de secagem, com capacidade para funcionar a $(110 \pm 5) \text{ }^{\circ}\text{C}$ e exsiccador.

4.10.1. Procedimento

Antes de iniciar o ensaio é necessário preparar os provetes a ensaiar, para tal deve-se cortar na zona central do ladrilho dois provetes de forma que os seus comprimentos sejam apropriados para o dilatómetro.

Após a preparação dos provetes, inicia-se o respectivo ensaio. Começa-se por secar os provetes a $(110 \pm 5) \text{ }^{\circ}\text{C}$ até à massa constante, deixando os provetes arrefecer no exsiccador até à temperatura ambiente. Em seguida determina-se os comprimentos com o auxílio de um paquímetro, com uma precisão de 0,002 vezes o comprimento.

Após o registo do comprimento coloca-se um provete no dilatómetro e regista-se a temperatura ambiente. De seguida, mede-se de novo o comprimento do provete, inicialmente e durante o aquecimento, com uma exactidão de 0,01 mm, registando a temperatura e o comprimento a intervalos não superiores a 15 °C, até atingir a temperatura de 100 °C. A velocidade de aquecimento deve ser de $(5 \pm 1) \text{ }^{\circ}\text{C/min}$.

4.10.2. Cálculo e expressão de resultados

O coeficiente de dilatação linear de origem térmica, α_l , é expresso em 10^{-6} por grau Celsius ($10^{-6}/^{\circ}\text{C}$), até à primeira casa decimal, segundo a expressão:

$$\alpha_l = \frac{1}{L_0} \times \frac{\Delta L}{\Delta t} \quad (10^{-6}/^{\circ}\text{C})$$

4.11. Resistência ao choque térmico

Tal como no ensaio da determinação da dilatação linear de origem térmica, este ensaio não faz parte dos requisitos de ensaios obrigatórios, segundo o Anexo P da *NP EN 14411* [N1], todos os ladrilhos cerâmicos têm capacidade para suportar temperaturas elevadas. A sua inclusão destina-se a qualquer ladrilho cerâmico que possa vir a ser submetido a choques térmicos localizados.

A determinação da resistência ao choque térmico em ladrilhos cerâmicos é feita segundo o método especificado na *NP EN ISO 10545-9:2004 – Pavimentos e revestimentos cerâmicos. Parte 9: Determinação da resistência a choques térmicos* [N15]. Este método de ensaio consiste em determinar a resistência ao choque térmico de um ladrilho inteiro, submetendo-o a 10 ciclos entre as temperaturas de 15 °C e 145 °C. Dependendo da absorção de água dos ladrilhos, podem ser utilizados procedimentos diferentes (ensaio com ou sem imersão) para a determinação da resistência a choques térmicos, em condições normais.

O método de ensaio descrito de seguida é realizado com o auxílio de uma mufla, aparelho do tipo de estufa usado para altas temperaturas com capacidade para ser operada entre 145 °C e 150 °C e um banho a baixa temperatura, no qual corre água fria a (15 ± 5) °C.



Figura 4.23 – Mufla

4.11.1. Procedimento

4.11.1.1. Verificação preliminar dos provetes

Antes de se proceder ao ensaio, é necessário examinar os ladrilhos à vista, sob iluminação, para verificar se existem defeitos visíveis. Todos os provetes devem estar isentos de defeitos antes do ensaio. Pode-se usar a solução de azul metileno descrita em 4.11.1.4. para detectar defeitos antes do ensaio.

4.11.1.2. Ensaio com imersão

No caso de ladrilhos de fraca porosidade com um coeficiente de absorção de água inferior ou igual a 10%, ou seja, todos os grupos de ladrilhos cerâmicos excepto o Grupo III (AIII e BIII), os provetes devem ser ensaiados por imersão, mergulhando completamente (imersão total) os provetes em água fria a (15 ± 5) °C dispostos na vertical sem contactarem uns com os outros.

4.11.1.3. Ensaio sem imersão

No caso de ladrilhos vidrados com um coeficiente de absorção de água superior a 10%, o banho deve ser coberto com uma placa de alumínio com espessura de 5 mm de tal forma que a água, dirigida para a superfície, contacte com a placa. A placa de alumínio deve ser coberta com uma camada de cerca de 5 mm de espessura, de grãos de alumínio com diâmetros entre 0,3 mm e 0,6 mm. A superfície vidrada dos ladrilhos deve estar em contacto directo com os grãos de alumínio, sobre o banho de água arrefecida a (15 ± 5) °C.

4.11.1.4. Procedimento de ensaio

Em ambos os procedimentos, no ensaio com imersão e sem imersão, deve-se transferir imediatamente os provetes, depois de passarem 5 min a baixa temperatura no banho, para a mufla mantida a (145 ± 5) °C até os provetes atingirem uma temperatura uniforme (usualmente 20 min), transferindo imediatamente para o banho a baixa temperatura, repetindo este procedimento durante 10 ciclos.

No final verifica-se se os provetes ensaiados apresentam defeitos visíveis examinando-os, à vista desarmada, sob iluminação. Para facilitar a detecção de defeitos pode-se passar com um pincel uma substância manchante adequada (como por exemplo, uma solução aquosa azul de metileno contendo uma pequena quantidade de agente molhante) sobre a superfície vidrada dos provetes. Passado 1 min, limpa-se a mancha com um pano humedecido e detecta-se os eventuais defeitos. Por fim, numera-se a quantidade de provetes com defeitos visíveis.

4.12. Dilatação com a humidade

O ensaio para a determinação da dilatação com a humidade é feito segundo o método especificado na *NP EN ISO 10545-10:2004 – Pavimentos e revestimentos cerâmicos. Parte 10: Determinação da dilatação com a humidade* [N16]. Este ensaio consiste em submeter os ladrilhos recozidos a uma imersão prolongada em água fervente, registando a variância dimensional.

De acordo com o Anexo P, da norma *NP EN 14411*, este ensaio não faz parte dos ensaios obrigatórios, pois “A maioria dos ladrilhos cerâmicos vidrados e não vidrados apresentam expansão com a humidade¹⁵ desprezável, que não provoca problemas quando esses produtos são correctamente aplicados. Contudo, com deficientes técnicas de aplicação ou em certas condições climáticas, a dilatação com a humidade pode agravar certos problemas, especialmente quando os ladrilhos são directamente fixados sobre suportes de betão insuficientemente curados. Nesses casos recomenda-se o valor de dilatação com a humidade de 0,06 % (mm/m) como limite máximo” [N1].

Todas as medições são feitas com o auxílio de um paquímetro, exprimindo os resultados com arredondamento a 0,5 mm.

¹⁵ Expansão com a humidade – dilatação acelerada proporcional que resulta da exposição dos ladrilhos reaquecidos a uma imersão prolongada em água fervente [N16].

Para este ensaio é necessário um aparelho de medição adequado, equipado com um micrómetro (aparelho de medição), comparador, transdutor (dispositivo que recebe um sinal e retransmite), com uma exactidão de pelo menos 0,01 mm. Os restantes aparelhos e utensílios a utilizar neste ensaio são: réguas de referência de aço, aproximadamente com o mesmo comprimento que os provetes de ensaio, mufla e um aquecedor de água, para manter os provetes em água desionizada ou destilada em ebulição.

O método de ensaio descrito de seguida deve ser realizado com provetes preparados de forma que permitam a sua adaptação ao equipamento de medição. No caso dos ladrilhos extrudidos, o comprimento dos provetes deve ser orientado na direcção de extrusão.



Figura 4.24 – Aquecedor de água

4.12.1. Procedimento

Após a adaptação dos provetes ao equipamento de medição, inicia-se o ensaio, recozendo os provetes na mufla, a uma velocidade de aquecimento de 150 °C/h com um patamar de 2 h a (550 ± 15) °C. Em seguida, deixa-se os provetes arrefecerem no interior da mufla, retirando-os apenas quando a temperatura descer a (70 ± 10) °C, deixando de seguida à temperatura ambiente num período de tempo entre 24 h a 32 h num exsiccador seco. Se um ladrilho quebrar durante o recozimento, deve-se efectuar um recozimento suplementar com um ladrilho novo, com velocidades de subida de temperatura e de arrefecimento mais lentas.

Seguidamente determina-se, arredondando ao 0,5 mm mais próximo, o comprimento inicial de cada provete relativamente a uma régua-padrão de aço, medindo o provete duas vezes, com três horas de intervalo.

Após o recozimento dos ladrilhos cerâmicos, segue-se o tratamento com água fervente, levando água desionizada ou destilada até à ebulição no dispositivo de aquecimento de água, mergulhando os provetes durante 24 h consecutivas na água fervente, garantindo que o nível da água se mantém, pelo menos, 5 cm acima dos ladrilhos, sem que estes contactam entre si nem com o fundo nem com as paredes do contentor.

De seguida, retira-se os provetes da água fervente e deixa-se arrefecer à temperatura ambiente, garantindo que eles não contactam entre si. Mede-se os provetes 1 h depois de retirados do contentor e novamente 3 h depois, registando as medições.

Para cada provete, determina-se a média de duas medições antes do tratamento com água fervente, a média das duas medições após tratamento com água fervente e em seguida determina-se a diferença entre as médias das duas medições.

4.12.2. Cálculo e expressão de resultados

A dilatação com a humidade pode ser expressa em milímetros por metro ou em percentagem, e é calculada a partir da fórmula:

$$\frac{\Delta l}{L} \times 1000 \quad (mm/m)$$

ou

$$\frac{\Delta l}{L} \times 100 \quad (\%)$$

4.13. Resistência ao fendilhamento para ladrilhos vidrados

O ensaio para a determinação da resistência ao fendilhamento¹⁶ é apenas relevante em ladrilhos cerâmicos vidrados, GL, pois o carácter estético possui uma grande importância neste tipo de ladrilhos, excepto quando o fendilhamento é uma característica decorativa.

Certos efeitos decorativos podem originar tendência para o fendilhamento, devendo ser identificados pelos produtor e nesse caso, o ensaio de fendilhamento não é aplicável.

Este ensaio é feito de acordo com o método especificado na *NP EN ISO 10545-11:2004 – Pavimentos e revestimentos cerâmicos. Parte 11: Determinação da resistência ao fendilhamento para ladrilhos vidrados* [N17]. Este ensaio consiste em submeter os ladrilhos à acção do vapor a uma pressão elevada num forno do tipo autoclave (aparelho que utiliza o calor húmido sob pressão), examinando-os em seguida procurando fendilhamentos, após aplicação de um líquido manchante (por exemplo, azul-de-metileno) sobre as superfícies vidradas.



Figura 4.25 – Autoclave

¹⁶ Fendilhamento – fissuras, com o aspecto de um cabelo, limitada à superfície vidrada de um ladrilho [N17].

4.13.1. Procedimento

Em condições normais devem ser ensaiados ladrilhos inteiros, podendo excepcionalmente, ser cortados em bocados os ladrilhos de grandes dimensões para poderem ser introduzidos na autoclave, sendo que os bocados devem ter as maiores dimensões possíveis e todos eles devem ser ensaiados.

Antes de colocar os ladrilhos a ensaiar na autoclave, estes devem ser examinados, para verificar se apresentam defeitos visíveis à vista desarmada sob iluminação. Todos os provetes devem-se apresentar isentos de fendilhamento no início do ensaio. A solução azul-de-metileno pode ser usada para detectar fendilhamentos anteriores ao ensaio. Os ladrilhos devem ser preparados antes de ensaiados com um reaquecimento a $(500 \pm 15) ^\circ\text{C}$ a uma velocidade não superior a $150 ^\circ\text{C/h}$ e com um patamar não inferior a 2 h.

De seguida, coloca-se os provetes na autoclave deixando espaço entre eles. Idealmente, o vapor deverá ser introduzido a partir de uma fonte exterior, de forma gradual durante 1 h até $(500 \pm 20) \text{ kPa}$ e os $(159 \pm 1) ^\circ\text{C}$, mantendo esta pressão durante 2 h.

Após a estabilização dessa pressão durante 2 h, desliga-se a fonte de vapor, diminuindo a pressão tão rapidamente quanto possível até à pressão atmosférica, deixando arrefecer os provetes na autoclave durante 30 min. De seguida coloca-se os provetes sobre uma superfície plana, na atmosfera do laboratório, deixando-os arrefecer durante mais 30 min.

Após o arrefecimento, deve-se pincelar com um líquido manchante adequado, por exemplo uma solução aquosa de 1% de azul-de-metileno, sobre as superfícies vidradas dos provetes ensaiados. Depois de 1 min, enxuga-se esta tintura com um pano húmido.

No final, verifica-se se os provetes apresentam fendilhamentos, com o cuidado de distinguir fendilhamentos de riscos, determinando o número de provetes que apresentam fendilhamentos e a descrição desses mesmos fendilhamentos.

4.14. Resistência ao gelo

O ensaio para a determinação da resistência ao gelo é apenas relevante em ladrilhos cerâmicos para aplicação em pavimentos e paredes no exterior, em situações em que possam ocorrer condições de gelo. Este ensaio é feito de acordo com o método especificado na *NP EN ISO 10545-12:2004 – Pavimentos e revestimentos cerâmicos. Parte 12: Determinação da resistência ao gelo* [N18]. De acordo com o Anexo P, da norma *NP EN 14411* [N1], este ensaio aplica-se obrigatoriamente a produtos que sejam especificados como sendo resistentes ao gelo. Para grupos de produtos considerados de forma geral inadequados para utilização em zonas onde possa ocorrer formação de gelo, este ensaio não é requerido.

Este ensaio consiste em impregnar com água, fazendo penetrar a água nos ladrilhos e em seguida, submeter a variações cíclicas de temperatura entre $+ 5 ^\circ\text{C}$ e $- 5 ^\circ\text{C}$, estando todas as superfícies dos ladrilhos expostas ao gelo durante 100 ciclos de gelo e degelo.

Todas as pesagens deste ensaio são feitas com uma balança capaz de determinar, com uma exactidão de 0,1% da massa do provete.

O método de ensaio descrito em seguida é realizado com ladrilhos sem qualquer defeito (como, fendas, orifícios, bordos com falhas e cantos partidos), com o auxílio de uma estufa, podendo funcionar a $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$; um aparelho para impregnação dos ladrilhos sob vácuo, obtido por meio de uma bomba, capaz de baixar a pressão de ar de (60 ± 4) kPa numa câmara contendo os ladrilhos; uma câmara frigorífica; pele de camurça e um termopar (aparelho de medição de temperatura adequado).

4.14.1. Preparação dos provetes

Os provetes devem ser secos na estufa regulada para uma temperatura de $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$, até à massa constante. A massa seca de cada ladrilho a ensaiar (m_1) deve ser registada.

4.14.2. Impregnação com água

Os ladrilhos a ensaiar devem ser arrefecidos até à temperatura ambiente. Em seguida, coloca-se os ladrilhos verticalmente dentro da câmara de vácuo, sem contactarem uns com os outros, nem com as paredes da câmara. Acciona-se a bomba de vácuo da câmara baixando a pressão até $(60 \pm 2,6)$ kPa abaixo da pressão atmosférica. Mantendo a pressão, introduz-se água, mantida a uma temperatura de $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ na câmara que contem os provetes até os cobrir com cerca de 50 mm de água. Deve-se manter a evacuação à mesma pressão durante 15 min, repondo em seguida a pressão atmosférica.

A seguir, molha-se a pele de camurça e coloca-se numa superfície plana, secando ligeiramente, cada uma das faces de cada ladrilho. Regista-se a massa seca (m_2) de cada ladrilho.

Segundo a norma, a absorção inicial de água E_1 , expressa em percentagem em massa, é calculada pela equação:

$$E_1 = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100 \quad (\%)$$

4.14.3. Procedimento

Após a impregnação com água, selecciona-se entre os ladrilhos a ensaiar um dos de maior espessura, que possa ser considerado como apresentando as propriedades representativas da amostra. Deve-se abrir um orifício com 3 mm de diâmetro a partir do centro de um bordo até uma distância máxima de 40 mm do bordo de um ladrilho.

Introduz-se um termopar e sela-se o orifício com um pouco de material termicamente isolante (por exemplo, polistereno expandido). No caso de não ser possível abrir este orifício, aplica-se o termopar no centro de um ladrilho e cola-se sobre ele um segundo ladrilho.

De seguida coloca-se todos os ladrilhos a ensaiar verticalmente na câmara frigorífica, dispondo-os de forma a assegurar a circulação de ar sobre todas as superfícies, através dos espaços deixados entre os provetes. Coloca-se o provete munido com o termopar no meio da amostra. A temperatura do termopar define a temperatura de todos os ladrilhos ensaiados. Todas as medições de temperaturas devem ter uma exactidão de $\pm 0,5$ °C.

Em seguida, baixa-se a temperatura do ladrilho até -5 °C a uma velocidade não superior a 20 °C/h, mantendo a temperatura dos ladrilhos abaixo de -5 °C durante 15 min. De seguida, mergulha-se os ladrilhos com água até que a temperatura dos ladrilhos atinja +5 °C, mantendo a temperatura dos ladrilhos acima de +5 °C durante 15 min. Repete-se o ciclo pelo menos 100 vezes. A interrupção dos ciclos apenas deve ser permitida se os ladrilhos foram mantidos dentro de água e acima de +5 °C.

Por fim, pesa-se os ladrilhos após o ensaio (m_3) e seca-se até à massa constante (m_4). A absorção final de água, E_2 , expressa em percentagem em massa, é calculada pela equação:

$$E_2 = \frac{m_3 - m_4}{m_4} \times 100 \quad (\%)$$

Após os 100 ciclos de gelo/degelo, examina-se o vidrado ou a face principal e os bordos dos ladrilhos a olho nu, registando todos os defeitos apresentados pelo vidrado ou pela face principal e pelos bordos dos ladrilhos ensaiados tal como a absorção inicial e final de água, E .

4.15. Resistência química

Embora os ladrilhos cerâmicos sejam normalmente resistentes aos produtos químicos comuns, torna-se necessário efectuar ensaios para determinar a sua classificação relativamente à sua resistência química. As propriedades químicas ensaiadas por este ensaio, apenas determinam a resistência a baixas e altas concentrações de ácidos e bases, resistência aos detergentes domésticos de limpeza e aos sais para águas de piscinas. Nos casos da resistência a produtos químicos domésticos e aditivos para água de piscina é necessário requisitos mínimos, conforme detalhados no Anexo P, na norma *NP EN 14411* [N1].

Este método de ensaio é feito de acordo com o método especificado na *NP EN ISO 10545-13:2004 – Pavimentos e revestimentos cerâmicos. Parte 13: Determinação da resistência química* [N19]. Este ensaio consiste em determinar a resistência química de todos os tipos de ladrilhos cerâmicos à temperatura ambiente através da exposição dos provetes à acção de soluções de ensaio aquosas e determinação visual do ataque depois de um período de tempo definido. Existe uma diferença do método de procedimento em relação ao tipo de ladrilho, se é vidrado, GL, ou não vidrado, UGL.

As soluções de ensaio utilizadas para a determinação da resistência química dos ladrilhos cerâmicos referentes na norma, são para produtos domésticos de limpeza, para sais de águas de piscina e altas e baixas concentrações de ácidos e bases. O ensaio para a determinação da resistência a ácidos e bases com alta concentração não faz parte dos requisitos de ensaios obrigatórios, destina-se apenas a ladrilhos cerâmicos que possam ser aplicados em condições

potencialmente corrosivas. Já o ensaio para a determinação da resistência a ácidos e bases com baixa concentração, pertence ao grupo de ensaios obrigatórios, sendo que o produtor tem que declarar a sua classificação, segundo o método especificado na norma *NP EN ISO 10545-13* [N19].

4.15.1. Soluções de ensaio

- Produtos domésticos de limpeza: Solução de cloreto de amónia a 100g/l.
- Sais de piscina: Solução de hipoclorito de sódio a 20 mg/l, preparada a partir de hipoclorito de sódio técnico a 13 % (m/m) de cloro activo.
- Ácidos e bases com baixas concentrações (L): Solução de ácido clorídrico a 3 % (V/V), preparada a partir de ácido clorídrico concentrado ($\rho=1,19$ g/ml); solução de ácido cítrico a 100 g/l; solução de hidróxido de potássio a 30 g/l.
- Ácidos e bases com altas concentrações (H): Solução de ácido clorídrico a 18 % (V/V), preparada a partir de ácido clorídrico concentrado ($\rho=1,19$ g/ml); solução de ácido láctico a 5 % (V/V); solução de hidróxido de potássio a 100 g/l.

4.15.2. Aparelhos e utensílios

- Recipiente com tampa, em vidro;
- Cilindro de vidro, contendo uma tampa ou uma abertura para enchimento;
- Estufa de secagem, com capacidade para ser operada a (110 ± 5) °C;
- Pele de camurça;
- Pano branco, de algodão ou linho;
- Material de selagem (por exemplo, plasticina);
- Balança, com exactidão de 0,05 g;
- Lápis, de dureza HB, ou equivalente;
- Lâmpada eléctrica, de 40 W, branca no interior.

4.15.3. Procedimento para ladrilhos não vidrados, UGL

Os ladrilhos a ensaiar devem ser cortados com as dimensões 50 mm x 50 mm, de forma que um dos lados de cada provete não seja cortado. Deve-se escolher provetes que não apresentem defeitos na superfície, limpando cuidadosamente a superfície com um dissolvente apropriado, por exemplo metanol.

Antes da aplicação da solução de ensaio seca-se os provetes na estufa, regulada para (110 ± 5) °C, até à massa constante. Após a secagem, leva-se os provetes à temperatura ambiente.

Em seguida utilizando as soluções de ensaio listadas em 4.15.1. faz-se mergulhar os provetes verticalmente no recipiente, definido em 4.15.2., dentro da solução de ensaio. O lado não cortado de cada provete deve ficar totalmente imerso, mantendo os provetes a (20 ± 2) °C durante 12 dias no recipiente tapado.

Após esse período, coloca-se os provetes sob água corrente durante 5 dias e em seguida, totalmente imersos em água a ferver durante 30 min. Depois dos 30 min, retira-se os provetes da água e enxuga-se com a pele de camurça húmida mas espremida. De seguida seca-se os provetes na estufa regulada para $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$.

Para a determinação da classe, examina-se os provetes a uma distância de 25 a 30 cm, olho nu, procurando detectar alterações na superfície principal ou no bordo não cortado, examinando de seguida as partes cortadas que estiverem imersas. Segundo a norma é permitida a iluminação natural ou artificial, mas deve ser evitada a luz solar directa para não prejudicar o ensaio ao ocorrer possíveis reacções químicas.

O Quadro 4.20 lista as classes de todos os ladrilhos cerâmicos não vidrados em relação à sua resistência química de acordo com a norma *NP EN ISO 10545-13* [N19].

Quadro 4.20 – Classificação de ladrilhos não vidrados segundo a sua resistência química [N19]

Para as soluções de produtos domésticos de limpeza e sais de piscina:	
Classe UA	Ausência de efeito visível ¹⁾
Classe UB	Efeitos visíveis nos lados cortados
Classe UC	Efeitos visíveis nos lados cortados, nos lados não cortados e sobre a superfície principal
Para as soluções com ácidos e bases de baixas concentrações (L):	
Classe ULA	Ausência de efeito visível ¹⁾
Classe ULB	Efeitos visíveis nos lados cortados
Classe ULC	Efeitos visíveis nos lados cortados, nos lados não cortados e sobre a superfície principal
Para as soluções com ácidos e bases de altas concentrações (H):	
Classe UHA	Ausência de efeito visível ¹⁾
Classe UHB	Efeitos visíveis nos lados cortados
Classe UHC	Efeitos visíveis nos lados cortados, nos lados não cortados e sobre a superfície principal

¹⁾ Uma ligeira modificação de tom não é considerada como ataque químico.

4.15.4. Procedimento para ladrilhos vidrados, GL

Os provetes a ensaiar não devem apresentar defeitos, podendo ser ladrilhos inteiros como partes de ladrilhos. Antes do ensaio é necessário limpar cuidadosamente a superfície dos ladrilhos a ensaiar com um dissolvente apropriado.

Após a preparação dos provetes, aplica-se uma camada uniforme com um material selante com 3 mm de espessura em volta do bordo do cilindro de vidro e aplica-se o cilindro sobre uma parte não tratada da superfície vidrada, selando em torno do bordo. Seguidamente deita-se a solução de ensaio pela abertura até uma altura de (20 ± 1) mm. A solução de ensaio deve ser uma das descritas em 4.15.1. De seguida, mantem-se as montagens de ensaio a $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$.

Para determinar a resistência aos produtos domésticos de limpeza e sais para piscinas deve-se manter a solução de ensaio em contacto com o provete durante 24 h. Após esse período retira-se o cilindro e limpa-se a superfície vidrada com um solvente apropriado para remover completamente o material de selagem.

Para determinar a resistência ao ácido clorídrico e ao hidróxido de potássio, deve-se manter a solução de ensaio em contacto com o provete durante 4 dias. Agita-se levemente a montagem de ensaio uma vez por dia de forma a garantir que o nível da solução de ensaio não varie. Substitui-se a

solução de ensaio depois de 2 dias. Após 2 dias suplementares, retira-se o cilindro e limpa-se a superfície vidrada com um solvente apropriado para remover completamente o material de selagem.

Para determinação da classe, seca-se completamente a superfície que foi ensaiada antes de se iniciar a avaliação. Para saber se o ensaio com lápis é aplicável, deve-se riscar vários traços com o lápis sobre partes não tratadas das superfícies vidradas e tentar apagá-los com um tecido húmido. Se as marcas do lápis não forem apagadas, o sistema de classificação da Figura 4.26 não é aplicável a esses ladrilhos devem ser referidos de “Classificação normal impossível”. Para este caso a classificação destes ladrilhos é a que está representada no Quadro 4.21.

Para os ladrilhos que passem no ensaio de lápis, deve-se fazer uma avaliação visual, ensaio com lápis, ensaio de reflexão e aplicar o sistema de classificação indicado na Figura 4.26.

Para a avaliação visual, deve-se examinar a superfície ensaiada de todos os ângulos a uma distância de 25 a 30 cm, a olho nu, registando toda a diferença de aspecto relativamente a uma superfície não tratada, por exemplo, modificação de reflexos ou desenvolvimento do brilho. Tal como nos ladrilhos não vidrados, é permitido a iluminação artificial ou natural, mas deve ser evitada a radiação solar directa, para não desencadear nenhuma reacção química. Após o exame, se não existirem efeitos visíveis, efectua-se o ensaio com lápis (4.15.4.1.), caso existam efeitos visíveis, deve-se efectuar o ensaio de reflexão (4.15.4.2.).

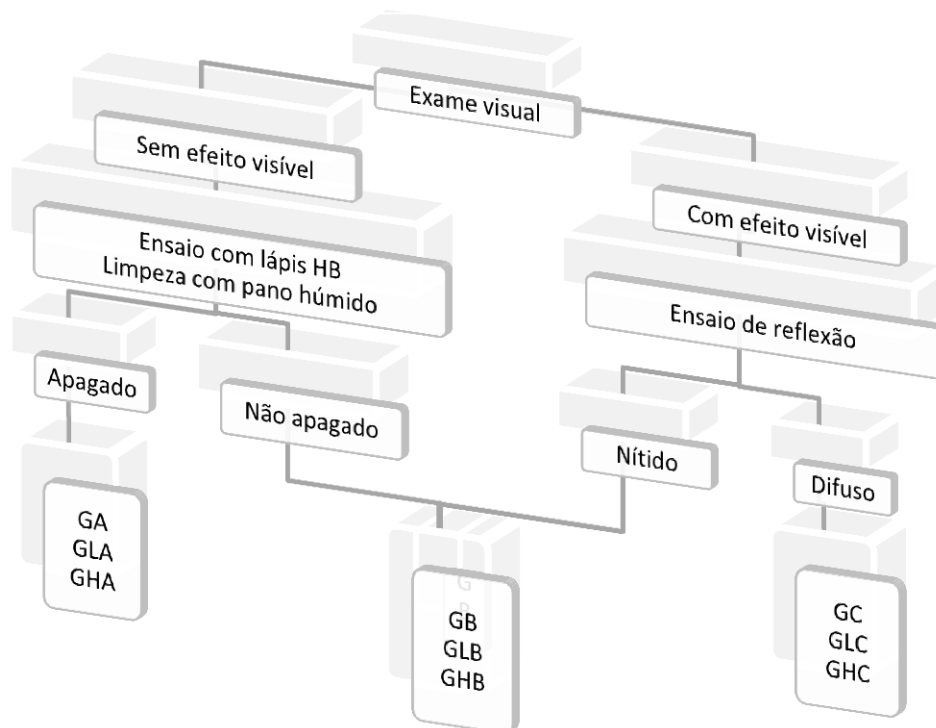


Figura 4.26 – Classificação da resistência química para ladrilhos vidrados [N19]

4.15.4.1. Ensaio com lápis

Deve-se traçar várias linhas com o lápis, alternadamente sobre a superfície ensaiada e sobre a superfície não tratada. De seguida tenta-se apagar os riscos do lápis com o pano branco húmido.

Se as marcas do lápis forem apagadas da superfície tratada, a superfície corresponde à classe A. Caso contrário, a superfície corresponde à classe B.

4.15.4.2. Ensaio de reflexão

Coloca-se o ladrilho de forma que a lâmpada se reflita alternadamente sobre as partes tratadas e não tratadas. De seguida determina-se o reflexo na parte tratada. O critério de avaliação deve ser a nitidez de reflexo e não o brilho da superfície. Se o reflexo é nítido, a superfície corresponde à classe B. Se o reflexo é difuso, a superfície corresponde à classe C.

Quadro 4.21 – Classificação visual alternativa – “classificação normal impossível” [N19]

Para as soluções de produtos domésticos de limpeza e sais de piscina:	
Classe GA(V)	Ausência de efeito visível ¹⁾
Classe GB(V)	Nítida modificação de aspecto
Classe GC(V)	Perda parcial ou total da superfície original
Para as soluções com ácidos e bases de baixas concentrações (L):	
Classe GLA(V)	Ausência de efeito visível ¹⁾
Classe GLB(V)	Nítida modificação de aspecto
Classe GLC(V)	Perda parcial ou total da superfície original
Para as soluções com ácidos e bases de altas concentrações (H):	
Classe GHA(V)	Ausência de efeito visível ¹⁾
Classe GHB(V)	Nítida modificação de aspecto
Classe GHC(V)	Perda parcial ou total da superfície original

¹⁾ Uma ligeira modificação de tom não é considerada como ataque químico.
(V) significa “Classificação visual”

4.15.5. Requisitos

No caso da resistência a ácidos e bases com baixa concentração, em ladrilhos vidrados e não vidrados o produtor deve declarar a sua classificação, não havendo requisitos mínimos.

Na resistência a produtos químicos domésticos e aditivos para água de piscinas, existem requisitos mínimos, iguais para todas as classes de ladrilhos cerâmicos, conforme indicado no Quadro 4.22.

Quadro 4.22 – Requisitos mínimos para a resistência química [N1]

Resistência a produtos químicos domésticos e aditivos para água de piscinas (para todas as classes de ladrilhos cerâmicos)	
a) Ladrilho vidrado	Mínimo GB
b) Ladrilho não vidrado ⁹	Mínimo UB

⁹ Uma ligeira modificação de tom não é considerada como resultante de ataque químico.

4.16. Resistência às manchas

O ensaio para a determinação da resistência às manchas é apenas relevante em ladrilhos cerâmicos vidrados para aplicação em pavimentos e paredes no interior e/ou exterior, pois o factor estético tem uma grande importância neste tipo de ladrilhos. O ensaio é feito de acordo com o método especificado na *NP EN ISO 10545-14:2004 – Pavimentos e revestimentos cerâmicos. Parte 14: Determinação da resistência às manchas* [N13]. Este ensaio consiste em colocar soluções de ensaio em contacto com a face principal dos ladrilhos cerâmicos durante um determinado período de tempo, à qual as superfícies são em seguida sujeitas a métodos de limpeza definidos e finalmente inspeccionadas para visualização das alterações sofridas.

Segundo o Anexo P, da norma *NP EN 14411*, “Este ensaio é obrigatório para os ladrilhos cerâmicos vidrados. Para os não vidrados, onde as manchas possam constituir problema, é recomendada uma consulta ao fabricante” [N1].

O método de ensaio descrito em seguida é realizado com ladrilhos sem qualquer defeito. Se os ladrilhos forem muito pequenos, podem ser utilizados ladrilhos adicionais. Os provetes devem ser cuidadosamente limpos com água e depois secos numa estufa regulada para $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$, até à massa constante. Em seguida, devem ser arrefecidos num exsiccador até à temperatura ambiente.

4.16.1. Soluções de ensaio manchantes¹⁷

- Manchas deixando um traço (pastas): agente manchante verde com óleo leve, em conformidade com as especificações do Anexo A, da norma *NP EN ISO 10545-14* [N13]; agente manchante vermelho em óleo leve (apenas para ladrilhos com coloração verde), em conformidade com as especificações do Anexo B, da norma *NP EN ISO 10545-14* [N13].
- Manchas com acção química oxidante: iodo, solução alcoólica a 13g/l.
- Manchas, formando uma película: azeite.

4.16.2. Limpeza

- Agentes de limpeza: água quente, a uma temperatura de $(55 \pm 5) ^\circ\text{C}$; agente de limpeza fraco, agente de limpeza comercial, sem abrasivos com um pH entre 6,4 e 7,5; agente de limpeza forte, agente de limpeza comercial, contendo abrasivos e apresentando um pH entre 9 a 10.
- Solventes apropriados: ácido clorídrico, 3% (V/V); hidróxido de potássio, solução a 200 g/l; acetona.

¹⁷ Soluções de ensaio manchantes – os agentes manchantes prescritos são unicamente exemplos de grupos de base. Existem muitos outros agentes manchantes que por acordo entre as partes interessadas, podem ser ensaiados segundo o procedimento especificado nesta parte da *NP EN ISO 10545* [N13] [N20].

4.16.3. Procedimentos de limpeza

- Procedimento A: limpa-se o provete com água quente durante 5 min, depois limpa-se a superfície com um pano húmido.
- Procedimento B: limpa-se o provete manualmente com o agente de limpeza fraco, usando uma esponja ou um tecido, não abrasivos, enxaguando a superfície com água e limpando-a com um pano húmido.
- Procedimento C: limpa-se o provete mecanicamente com o agente de limpeza forte, através de uma escova rotativa de pelo duro, de 8 cm de diâmetro, com frequência de rotação de cerca de 500 r/min e um recipiente para o agente de limpeza, equipado com um alimentador adequado e ligado à escova. Deve-se executar a limpeza durante 2 min, depois enxaguar a superfície com água e finalmente enxugar com um pano húmido.
- Procedimento D: mergulha-se o provete durante 24 h num solvente apropriado, depois enxagua-se a superfície com água corrente e finalmente enxuga-se com um pano húmido. A limpeza é considerada completa se um dos solventes eliminar a nódoa.

4.16.4. Procedimento

Após a preparação dos provetes aplica-se o agente manchante (4.16.1.), espalhando 3 a 4 gotas de pasta sobre a superfície. Deixa-se cair 3 a 4 gotas de cada um dos líquidos de iodo e azeite, de forma a cobrir as áreas separadas da superfície de ensaio. De seguida coloca-se um vidro de relógio convexo de diâmetro aproximado 30 mm sobre as gotas aplicadas, de forma a espalhá-las numa área aproximadamente circular. Deixa-se os agentes manchantes actuar durante 24 h.

Depois de tratados em conformidade com a aplicação do agente manchante, submete-se os provetes aos sucessivos procedimentos de limpeza descritos em 4.16.3. (procedimentos A, B, C e D).

Após cada procedimento de limpeza, seca-se os provetes na estufa ajustada para (110 ± 5) °C e submete-se a uma avaliação visual. Deve-se examinar a superfície a olho nu com uma iluminação natural, mas evitando a radiação solar directa.

No caso das manchas que deixam um traço (pastas), apenas se deve registar a existência de uma mancha quando o pigmento é visível. Não havendo efeito visível, isto é, se a mancha for removida, regista-se a classe de limpeza em conformidade com a Figura 4.27; se a mancha não é removida, aplica-se o procedimento de limpeza seguinte.

4.16.5. Classificação de resultados e requisitos

Em consequência do procedimento descrito em 4.16.4., as superfícies cerâmicas são divididas em cinco classes apresentadas na Figura 4.27. Deve-se registar o resultado para cada provete. A Classe 5 corresponde à maior facilidade de remoção de uma determinada mancha; a Classe 1 corresponde à impossibilidade de remoção de determinada mancha com qualquer dos procedimentos de ensaio e/ou à danificação irreversível da face principal do ladrilho. Para todas as

classes de ladrilhos cerâmicos vidrados, a norma *NP EN 14411* [N1], requer um o mínimo de Classe 3 para estar em conformidade.

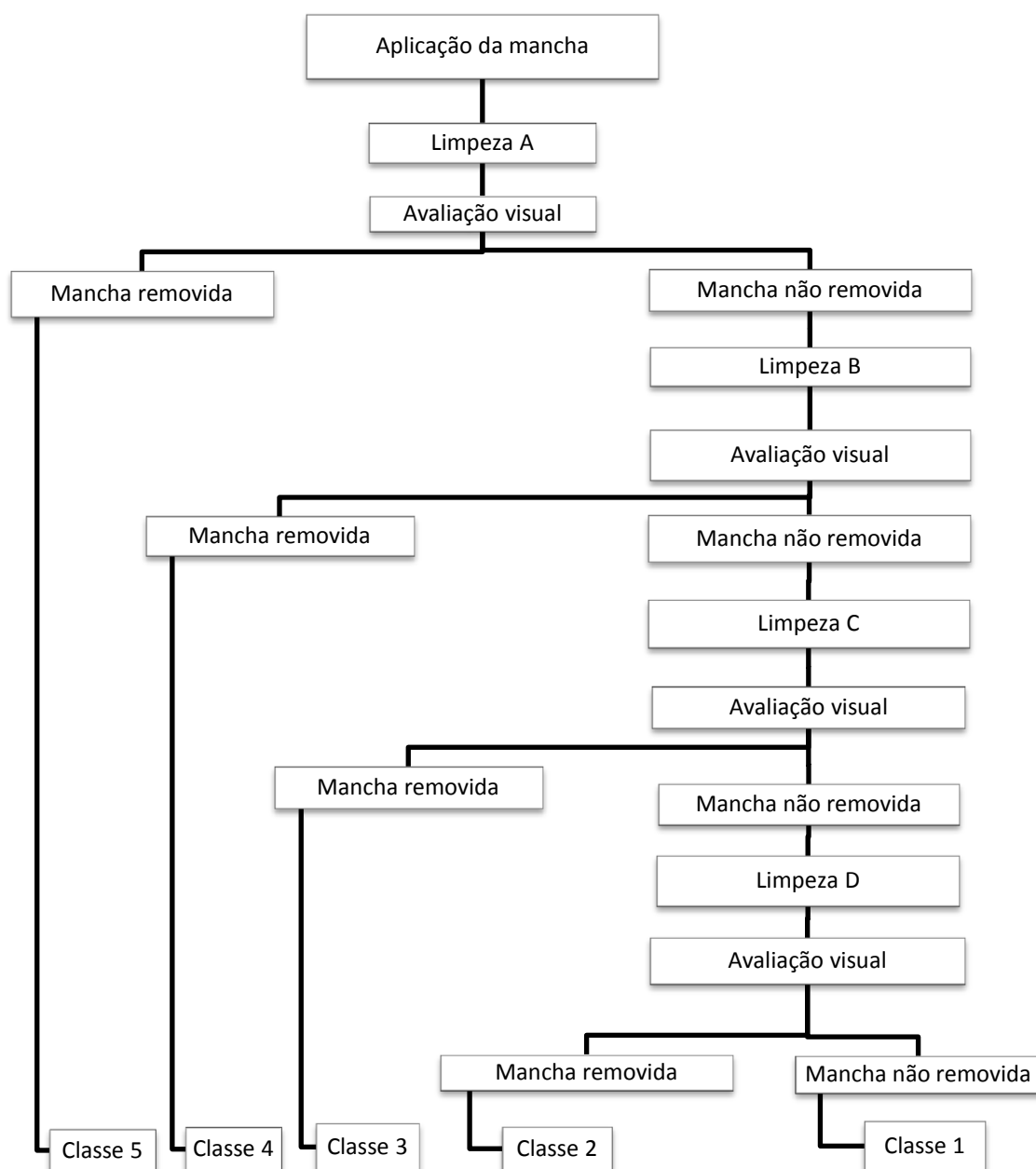


Figura 4.27 – Classificação dos resultados do ensaio da resistência às manchas [N13]

4.17. Liberação de chumbo e de cádmio – ladrilhos vidrados

O ensaio para a libertação de chumbo e de cádmio é apenas relevante em ladrilhos cerâmicos vidrados aplicados em pavimentos e paredes no interior e/ou exterior. De acordo com Anexo Q, da norma *NP EN 14411* [N1], os ladrilhos cerâmicos não devem libertar cádmio, e quando a utilização final requer a verificação da libertação de chumbo e/ou quando a verificação da libertação de cádmio é necessária, usualmente aplica-se ao contacto com alimentos (por exemplo, tampos de

cozinha, parte da indústria alimentar, etc.), estes devem ser feitas segundo o método especificado na *NP EN ISO 10545-15:2004 – Pavimentos e revestimentos cerâmicos. Parte 15: Determinação do teor de chumbo e de cádmio libertados por ladrilhos vidrados* [N21], e declarado o valor resultante. Este ensaio consiste em expor a superfície vidrada do ladrilho cerâmico a uma solução de ácido acético e em seguida, determinar as quantidades de teor de chumbo e de cádmio passadas para a solução através de um método apropriado.

Segundo o Anexo P, da norma *NP EN 14411*, “Este ensaio aplica-se aos ladrilhos vidrados aplicados em superfícies de trabalho e em paredes de recintos onde sejam preparados alimentos e onde os géneros alimentícios possam contactar directamente com as superfícies vidradas desses ladrilhos” [N1].

O método de ensaio descrito em seguida é realizado com a superfície dos ladrilhos limpa e isenta de gordura ou outro material que possa interferir na qualidade do ensaio. Para garantir a limpeza do ladrilho, este deve ser cuidadosamente lavado em água, com um pouco de detergente, enxaguado com água e em seguida seco ou por escurrimto ou com um pano macio limpo.

4.17.1. Procedimento

Depois da superfície vidrada do ladrilho ter sido limpa, aplica-se a toda a volta do perímetro da superfície vidrada uma tira de silicone, em tubo ou em distribuidor, permitindo formar uma tira para junta em silicone transparente com cerca de 6 mm de diâmetro. Verifica-se visualmente se a tira está completa e se contacta com todo o perímetro da superfície vidrada, devendo verificar-se igualmente se a tira é suficientemente alta para permitir juntar um volume suficiente de solução de ensaio, solução de ácido acético segundo a norma. A altura mínima da tira de silicone acima da superfície vidrada deve ser de 4 mm. De seguida deixa-se a tira secar e calcula-se a área *A*, em decímetros quadrados, da superfície a ensaiar.

Para a extracção com ácido acético deve-se colocar cada ladrilho sobre uma superfície plana e horizontal num recinto a uma temperatura de $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$. Deve-se encher o volume formado pela tira de silicone com um volume *V* da solução de ensaio, medido à mesma temperatura com o auxílio de uma proveta graduada.

Em seguida, coloca-se uma tampa impermeável, em vidro ou em plástico, sobre o ladrilho para minimizar contaminações e evaporação. Uma forma de realizar este procedimento é mostrada na Figura 4.28. Deve-se garantir que a temperatura do recinto se mantém nos $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$ durante o ensaio, protegendo o conjunto da luz solar ou outras fontes de calor.

Após 24 h, remove-se a tampa e agita-se a solução com cuidado para assegurar a sua homogeneidade, retirando uma parte alíquota da solução, para análise.

De seguida, determina-se os teores de chumbo e de cádmio extraídos por um método apropriado: a espectrometria de absorção atómica é um método possível, através de um espectrómetro de absorção atómica adequado para a análise do chumbo e do cádmio da solução.

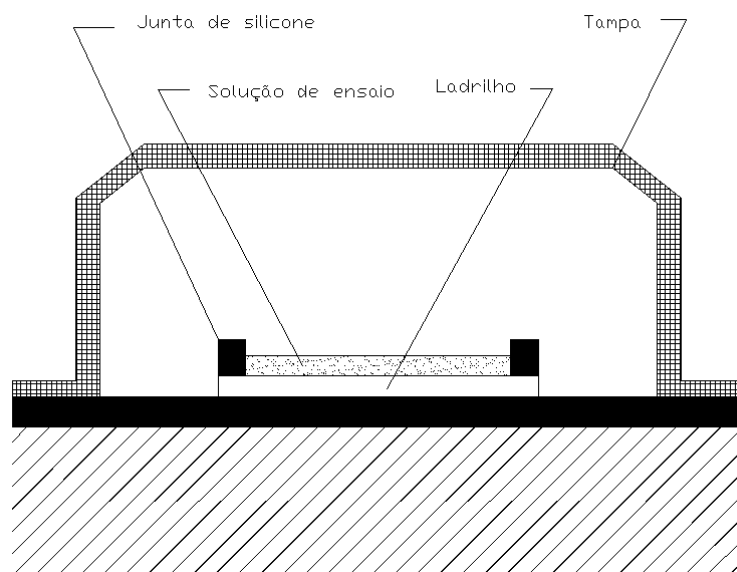


Figura 4.28 – Método prático para cobrir os ladrilhos durante o ensaio [N21]

4.17.2. Cálculo e expressão de resultados

De acordo com a norma, a massa de chumbo (Pb) e de cádmio (Cd) extraída por unidade de superfície, $\rho_A(M)$, é calculada pela seguinte equação:

$$\rho_A(M) = \rho(M) \times \frac{V}{1000} \times \frac{1}{A} \quad (mg/dm^2)$$

4.18. Pequenas diferenças de cor

O ensaio para a determinação de pequenas diferenças de cor é apenas relevante em ladrilhos cerâmicos vidrados, GL, de cores uniformes para aplicação em pavimentos e paredes no interior e/ou exterior. O ensaio é feito de acordo com o método especificado na norma *NP EN ISO 10545-16:2004 – Pavimentos e revestimentos cerâmicos. Parte 16: Determinação de pequenas diferenças de cor* [N22]. Este método de ensaio utiliza aparelhos de medição da cor para quantificar as pequenas diferenças de cor entre ladrilhos cerâmicos vidrados, permitindo a especificação de um valor máximo aceitável.

Segundo o Anexo P, da norma *NP EN 14411* [N1], este ensaio não faz parte dos requisitos de ensaios obrigatórios, aplica-se apenas nos casos em que as pequenas variações de cor entre ladrilhos cerâmicos vidrados de cor uniformes são parte importante de uma especificação, considerada importante em circunstâncias especiais.

Este ensaio consiste em descrever a diferença de cor, em ladrilhos-padrão de referência e em provetes de ensaio da mesma cor, brilho e textura, onde serão efectuados os cálculos das diferenças de cor através da utilização de um instrumento específico. De acordo com a norma, o instrumento utilizado para medir a cor tanto pode ser um espectrofotómetro de reflectância ou um colorímetro tristímulus.

A diferença de cor calculada CMC^{18} (ΔE_{cmc}) de um ladrilho a ensaiar é comparada com um valor de referência, utilizando um factor comercial (cf)¹⁹ previamente combinado ou um factor comercial (cf) vulgarmente utilizado na fabricação industrial de ladrilhos, para determinar a aceitabilidade da uniformidade da cor.

Como os resultados deste ensaio são todos avaliados em termos de propriedades colorimétricas, faz-se uma abordagem genérica sobre o tema, com as respectivas definições e equações utilizadas nos cálculos das grandezas da *ISO 105-J03* [N23] e dos valores CIELAB L^* , a^* , b^* , C^*_{ab} e h_{ab} . Não serão abordados detalhadamente todas as propriedades, sendo que para uma investigação mais aprofundada sobre o tema, é indispensável a consulta das normas mencionadas.

4.18.1. Quantificação das cores

A quantificação das cores é baseada na forma pela qual o olho humano as reconhece, através de 3 componentes (vermelho, verde e azul), que são chamados de valores trítímulus, em que:

X = componente do vermelho

Y = componente do verde

Z = componente do azul

Todas as propriedades colorimétricas são calculadas a partir dos valores tristímulus. Esse cálculo depende de três factores:

- Natureza da amostra, representada pelas reflectâncias em cada comprimento de onda – $R(\lambda)$;
- Fonte luminosa, tipo de iluminante que está a ser usado – $S(\lambda)$;
- Olho do observador, com as funções $x(\lambda)$, $y(\lambda)$ e $z(\lambda)$, que simulam a percepção do olho humano em cada comprimento de onda.



Figura 4.29 – Equipamento utilizado para a determinação de pequenas diferenças de cor

¹⁸ CMC (ΔE_{cmc}) - conjunto de equações de diferenças de cor que utilizam valores CIELAB (ΔL^* , ΔC^*_{ab} , ΔH^*_{ab}) calculados entre um provete e um padrão de referência para determinar a fronteira elipsoidal contendo todas as cores que possam ser visualmente aceitáveis quando comparadas com o padrão de referência [N22].

¹⁹ Factor comercial cf – tolerância acordada entre todas as partes ou tolerância vulgarmente utilizada na fabricação industrial dos ladrilhos para determinar a aceitabilidade da diferença de cor, ΔE_{cmc} . Utiliza-se normalmente o valor cf = 0,75 para ladrilhos vidrados [N22].

4.18.2. Sistema colorimétrico CIE $L^* a^* b^*$

O sistema CIE $L^* a^* b^*$ foi criado em 1976, onde a CIE (*Color Measurement Committee*) distinguiu dois espaços de cores; um deles foi pensado para uso como cores com iluminação própria (por exemplo, monitor de televisão) e outro para uso com cores de superfície. Este último, é conhecido como espaço de cores CIE 1976, $(L^* a^* b^*)^{20}$ ou CIELAB, sistema de coordenadas tridimensionais, no qual cada eixo tem o seguinte significado:

- L^* , representa o nível de luminosidade da amostra, sendo que o seu valor varia de 0 para totalmente negro e 100 para totalmente branco;
- a^* , representa o nível de verde e de vermelho da amostra, no qual valores positivos indicam que a amostra está avermelhada, e negativos que está esverdeada;
- b^* , representa o nível de azul e amarelo da amostra, no qual valores positivos indicam que a amostra está amarelada, e negativos que está azulada.

Os valores $L^* a^* b^*$ são calculados a partir dos valores tristímulus, como mostrados pelas equações:

$$L^* = 116 \times (Y/Y_n)^{1/3} - 16$$

$$a^* = 500 \times \left((X/X_n)^{1/3} - (Y/Y_n)^{1/3} \right)$$

$$b^* = 200 \times \left((Y/Y_n)^{1/3} - (Z/Z_n)^{1/3} \right)$$

Em que:

X_n , Y_n e Z_n , são valores tristímulus que dependem do iluminante e do ângulo do observador.

4.18.3. Procedimento

Para a escolha do padrão de referência é necessário escolher um ou mais ladrilhos contendo os mesmos pigmentos ou combinações de pigmentos que o provete. Normalmente considera-se um mínimo de cinco ladrilhos representativos.

Depois da selecção dos provetes é necessário limpar as suas superfícies para as quais se pretende medir a cor, através de um tecido molhado, secando seguidamente com um tecido seco sem fios ou um papel que não contenha agentes branqueadores fluorescentes.

²⁰ CIE 1976 Valores $L^* a^* b^*$ (CIELAB) – valores calculados a partir de curvas de reflectância espectral medidas dadas na Publicação Nº 15.2 [N22].

De seguida opera-se com o aparelho de acordo com as instruções fornecidas pelo fabricante, cumprindo o tempo de aquecimento especificado e toma-se as leituras alternadas do padrão de referência e dos provetes através do aparelho para medir a cor, em sucessão rápida até que um total de três leituras para cada ladrilho tenha sido feito.

Por fim, regista-se e usa-se a média das três leituras para cada ladrilho como valores a usar no cálculo das diferenças de cor.

4.18.4. Interpretação dos resultados

Segundo a norma, para determinar a aceitabilidade das pequenas diferenças de cor, pode ser seleccionada uma tolerância (cf) por acordo entre todas as partes envolvidas. Se não for previamente combinada uma tolerância, pode ser utilizada a tolerância industrial normal de 0,75 para ladrilhos vidrados. O valor ΔE_{cmc} calculado entre uma amostra de ensaio e o padrão de referência, quando comparado com a tolerância combinada, disponibiliza uma forma de determinar se uma amostra de ensaio está em igualdade aceitável com o padrão de referência. Os provetes que são comparados com um padrão de referência deverão situar-se numa de duas categorias: os que apresentam os valores ΔE_{cmc} menores ou iguais à tolerância combinada são aceitáveis (passam), enquanto os que apresentam valores ΔE_{cmc} maiores que a tolerância são inaceitáveis (falham).

4.19. Coeficiente de atrito

Segundo a norma *NP EN 14411* [N1], o ensaio para a determinação do coeficiente de atrito seria realizado de acordo com o método especificado na *NP EN ISO 10545-17 – Pavimentos e revestimentos cerâmicos. Parte 17: Determinação do coeficiente de atrito*. Porém, este projecto foi anulado, sem nunca ter sido normalizado. Segundo a norma *NP EN 14411* [N1], este ensaio não faria parte dos requisitos de ensaios obrigatórios. O ensaio para a determinação do coeficiente de atrito seria apenas relevante em ladrilhos cerâmicos para aplicação em pavimentos, quer seja no exterior, quer seja no interior.

4.20. Reacção ao fogo

De acordo com a norma *NP EN 14411* [N1], os ladrilhos cerâmicos destinados a serem utilizados em elementos sujeitos a requisitos de resistência ao fogo, o fabricante deve declarar a classe de reacção ao fogo, segundo a Decisão 96/603/EC [D7] emendadas pelas Decisões 2000/605/EC [D8] e 2003/424/EC [D9]. Segundo essas Decisões, existe uma lista de produtos que em condições especiais, podem ser considerados de classe A1, sem necessidade de ensaio.

Em 2011, surgiu o *Regulamento (UE) Nº 305/2011* [D1], estabelecendo condições harmonizadas para a comercialização dos produtos de construção, revogando assim a Directiva 89/106/CEE [D2]. Este Regulamento, tal como na Directiva dos Produtos de Construção estabelece exigências essenciais para as obras. Uma das exigências essenciais das construções é a segurança

contra Incêndio. Segundo o Regulamento, as obras de construção devem ser concebidas e realizadas de modo a que, no caso de se declarar um incêndio [D1]:

- a) A capacidade das estruturas de suporte de carga possa ser garantida durante um período determinado;
- b) A deflagração e a propagação do fogo e do fumo dentro da obra de construção sejam limitadas;
- c) A propagação do fogo às construções adjacentes seja limitada;
- d) Os ocupantes possam abandonar a obra de construção ou ser salvos por outros meios;
- e) A segurança das equipas de socorro seja contemplada.

Não serão abordados detalhadamente os métodos de ensaio para a determinação das classes de reacção ao fogo, mas sim os meios de classificação destas, de acordo com os critérios de classificação apresentados na *EN 13501-1:2007+A1:2009 – Fire classification of construction products and building elements. Part 1: Classification using data from reaction to fire tests* [N24]. Para uma investigação mais aprofundada sobre o tema, é indispensável a consulta das normas mencionadas.

Segundo o *Documento Interpretativo (DI) nº 2 – Segurança em caso de Incêndio* [D10], um dos documentos destinado a desenvolver de um modo concreto uma ligação entre as exigências essenciais das obras e as características de desempenho dos produtos de construção, identifica três níveis de exposição para acções térmicas: pequena fonte de ignição, objectos isolados em combustão e fogo generalizado [L5]. Ainda de acordo com o *Documento Interpretativo (DI) nº 2*, os critérios relevantes a considerar na elaboração do sistema de classificação são “a ignição, a velocidade de libertação de calor, a velocidade de propagação da chama, a velocidade de produção de fumo, gases tóxicos, gotas (partículas inflamadas²¹ e/ou combinação destes” [D10] [L5].

4.20.1. Classificação da reacção ao fogo dos produtos de construção

Para a classificação dos produtos de construção, existem 7 Euroclasses de reacção ao fogo: A1, A2, B, C, D, E e F assentes em cinco ensaios de classificação e critérios de desempenho.

Os produtos de fraca ou muito fraca teor de matéria orgânica, que são de facto pouco ou muito pouco combustíveis²², classificam-se em “classes A1” (ou A1_# para os pavimentos), ou seja, sem necessidade de ensaio.

Por outro lado, os produtos combustíveis que contribuem de maneira importante à deflagração do fogo devem ser classificados segundo a *EN 13501-1:2007+A1:2009* [N24].

²¹ Gotas/Partículas inflamadas – material que se liberta do provete durante o ensaio de fogo e continua inflamado por um período mínimo de tempo [N24].

²² Combustível – qualquer substância que reage com o oxigénio libertando energia, na forma de calor, chamas e gases.

Segundo a *NP EN 14411* [N1], os ladrilhos cerâmicos são na sua grande maioria classificados como *A1* (*A1_{fl}* para pavimentos) quanto à reacção ao fogo. Isto significa que estes produtos “não contribuem para o fogo” e não são necessários ensaios. A classe *F* também pode ser usada para a reacção ao fogo, significando “desempenho não determinado”. Porém, os produtores podem ter de efectuar regularmente outros ensaios de controlo (por exemplo, determinação do teor de matéria orgânica) que comprovem a satisfação das exigências particulares aplicáveis.

4.20.2. Ensaios de reacção ao fogo

Os três níveis de exposição e os restantes critérios mencionados no *Documento Interpretativo* nº 2 [D10] foram considerados no sistema de classificação europeia de reacção ao fogo.

No Quadro 4.23, estão apresentados todos os métodos de ensaio efectuados de acordo com a norma *EN 13501-1:2007+A1:2009* [N24], para a determinação das classes de reacção ao fogo e normas aplicáveis.

Quadro 4.23 – Métodos de ensaio para determinação das classes de reacção ao fogo [N24]

Método de ensaio	Norma	Descrição do método
Ensaio de incombustibilidade	<i>EN ISO 1182</i>	Método que identifica os produtos que não contribuem significativamente para um incêndio, independentemente da sua utilização final.
Ensaio na bomba calorimétrica	<i>EN ISO 1716</i>	Este ensaio determina o potencial máximo de libertação de calor total de um produto quando este é submetido a combustão completa, independentemente da sua utilização final. Permite ainda a determinação do poder calorífico superior (PCS)
Ensaio do objecto isolado em combustão (SBI)	<i>EN 13823</i>	Este método avalia a contribuição potencial de um produto para o desenvolvimento de um fogo, numa situação de incêndio, simulando um elemento isolado em combustão num canto de um compartimento e próximo do produto em causa.
Ensaio da pequena chama	<i>EN ISO 11925-2</i>	Método que avalia a ignitabilidade ²³ de um produto exposto a uma pequena chama.
Ensaio de painel radiante	<i>EN ISO 9239-1</i>	Determinação do comportamento ao fogo dos pavimentos, utilizando uma fonte de calor radiante. Este método de ensaio avalia o fluxo radiante crítico do qual as chamas já não se espalham sobre a superfície horizontal.

4.20.3. Critérios e requisitos para classificação de reacção ao fogo

Relativamente aos requisitos a respeitar na classificação das classes da reacção ao fogo, indicam-se no Quadro 4.24, alguns termos e definições usados na sua classificação.

²³ Ignitabilidade – medida da maior ou menor facilidade com que um elemento pode ser posto em combustão, sob condições específicas [N24].

Quadro 4.24 – Termos e definições para a classificação das classes da resistência ao fogo [N24]

ΔT	Aumento de temperatura ($^{\circ}\text{C}$)
Δm	Perda de massa (%)
t_f	Tempo de presença de chama (s)
PCS	Potencial calorífico bruto, poder de um material quando a combustão é completa e toda a água produzida é totalmente condensada (MJ/kg) ou (MJ/mm^2)
FIGRA	Taxa de propagação do fogo (W/s)
$\text{THR}_{600\text{s}}$	Calor total libertado em 600 s (MJ)
LFS	Propagação lateral das chamas, correspondente à maior extensão do percurso de uma chama persistente ²⁴ (m)
SMOGRA	Taxa de propagação do fumo (m^2/s^2)
$\text{TSP}_{600\text{s}}$	Produção total de fumo em 600 s (m^2)
F_s	Propagação das chamas, correspondente ao ponto mais alto atingido pela ponta da chama (mm)

No Quadro 4.25 apresentam-se os critérios para a classificação das classes da reacção ao fogo de produtos de construção, incluindo aos pavimentos e respectivos revestimentos, transcritos da *EN 13501-1:2007+A1:2009* [N24], para as classes A_1 , A_{1fl} , F e F_{fl} que representam os ladrilhos cerâmicos.

Quadro 4.25 – Classificação de reacção ao fogo de ladrilhos cerâmicos, incluindo pavimentos e os respectivos revestimentos [N24] [L5]

Classificação de reacção ao fogo de ladrilhos cerâmicos, excluindo pavimentos			
Classes	Método de ensaio	Critério de classificação	Classificação adicional
A1	EN ISO 1182	$\Delta T \leq 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ $\Delta m \leq 50\text{ }\%$ $t_r = 0$ (isto é, ausência de chama permanente)	-
	EN ISO 1716	$\text{PCS} \leq 2,0\text{ MJ.kg}^{-1}\text{ }^{(1)}$ $\text{PCS} \leq 2,0\text{ MJ.kg}^{-1}\text{ }^{(2)}\text{ }^{(2a)}$ $\text{PCS} \leq 1,4\text{ MJ.kg}^{-2}\text{ }^{(3)}$ $\text{PCS} \leq 2,0\text{ MJ.kg}^{-1}\text{ }^{(4)}$	-
F	Desempenho não determinado		
Classificação de reacção ao fogo de ladrilhos cerâmicos, no que respeita aos pavimentos			
A1 _{FL}	EN ISO 1182	$\Delta T \leq 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ $\Delta m \leq 50\text{ }\%$ $t_r = 0$ (isto é, ausência de chama permanente)	-
	EN ISO 1716	$\text{PCS} \leq 2,0\text{ MJ.kg}^{-1}\text{ }^{(1)}$ $\text{PCS} \leq 2,0\text{ MJ.kg}^{-1}\text{ }^{(2)}$ $\text{PCS} \leq 1,4\text{ MJ.kg}^{-2}\text{ }^{(3)}$ $\text{PCS} \leq 2,0\text{ MJ.kg}^{-1}\text{ }^{(4)}$	-
F _{FL}	Desempenho não determinado		

⁽¹⁾ Para produtos homogéneos e componentes substanciais de produtos não homogéneos.

⁽²⁾ Para qualquer componente não substancial externo de produtos não homogéneos.

^(2a) Alternativamente, qualquer componente não substancial externo com $\text{PCS} \leq 2,0 \text{ MJ.m}^{-2}$, na condição de o produtor satisfazer os seguintes critérios de EN 13823 (SBI); $\text{FIGRA} \leq 20 \text{ W.s}^{-1}$; e $\text{LFS} < \text{bordo da amostra}$ e $\text{THR}_{600} \leq 4,0 \text{ MJ}$; e s_1 ; e d_0 .

⁽³⁾ Para qualquer componente não substancial interno de produtos não homogéneos.

⁽⁴⁾ Para o produto na sua totalidade

²⁴ Chama persistente – chama existente numa ou sobre uma superfície por um mínimo de período de tempo [N24].

Quadro 4.26 – Definições complementares ao Quadro 4.25 [L5]

Produto homogéneo: Produto constituído por um único material, de densidade e composição uniformes.
Produto não homogéneo: Produto que não satisfaz as exigências aplicáveis a um produto homogéneo. Trata-se de um produto constituído por um ou mais componentes, substanciais e/ou não substanciais.
Componente substancial: Material que constitui uma parte significativa de um produto não homogéneo. Uma camada de massa por unidade de área igual ou superior a $1,0 \text{ kg/m}^2$ ou espessura igual ou superior a $1,0 \text{ mm}$ é considerada um componente substancial.
Componente não substancial: Material que não constitui parte significativa de um produto não homogéneo. Uma camada de massa por unidade de área inferior a $1,0 \text{ kg/m}^2$ ou espessura igual ou superior a $1,0 \text{ mm}$ é considerada um componente não substancial
Componente interno não substancial: Componente não substancial que está coberto em ambas as faces por pelo menos um componente substancial.
Componente externo não substancial: Componente não substancial que não está coberto numa face por um componente substancial.

4.21. Amostragem e condições de recepção

A constituição de lotes²⁵, a amostragem, o controlo e as bases para aceitação dos pavimentos e revestimentos cerâmicos devem cumprir com as especificações da *NP EN ISO 10545-1:2001 – Pavimentos e revestimentos cerâmicos. Parte 1: Amostragem e condições de recepção* [N25]. Não serão abordados detalhadamente os métodos de amostragem e as condições de recepção para os pavimentos e revestimentos cerâmicos. Para uma investigação mais aprofundada sobre o tema, é indispensável a consulta da norma mencionada.

Segundo a *NP EN ISO 10545-1* [N25], o sistema de controlo dos pavimentos e revestimentos cerâmicos é baseado num plano de amostragem dupla, destinado em parte ao controlo por atributos (valores individuais) e em parte, ao controlo pelo valor médio (variáveis). O número de ladrilhos a ensaiar varia com a propriedade a controlar.

Para executar o controlo dos pavimentos e revestimentos cerâmicos, são efectuados lotes de controlo, ou seja, quantidades de ladrilhos submetidos a controlo, produzidos por um fabricante em condições e com propriedades uniformes, onde serão recolhidas amostras destes para efectuar os ensaios necessários. Podendo ser constituídos por um ou mais fornecimentos²⁶ ou sub-fornecimentos homogéneos²⁷. O número de lotes de controlo a constituir para os ensaios deve ser definido por acordo entre as partes interessadas. As amostras²⁸ para ensaio devem ser recolhidas de forma aleatória no lote de controlo, devendo ser recolhidas duas amostras, podendo não ser necessário proceder a ensaios com a segunda amostra.

²⁵ Lote – quantidade de ladrilhos produzidos por um fabricante em condições e com propriedades presumivelmente uniformes [N25].

²⁶ Fornecimento – quantidades de ladrilhos entregue durante um período de dois dias [N25].

²⁷ (Sub)Fornecimento homogéneo – (sub)entrega constituída por ladrilhos produzidos por um fabricante, em condições e com propriedades presumivelmente uniformes [N25].

²⁸ Amostra – número especificado de ladrilhos recolhidos num lote de controlo [N25].

Para um determinado número de amostras (inicial e segunda), o controlo por atributos é feito através da numeração de unidades não conformes encontradas na amostra inicial e na segunda amostra, comparando-as aos critérios de aceitação e rejeição, apresentados no Quadro 1, da norma *NP EN ISO 10545-1* [N25]. Efectuada essa análise, determina-se, se o lote de controlo é considerado aceitável ou rejeitado.

O controlo por valor médio, é apenas necessário em algumas propriedades dos pavimentos e revestimentos cerâmicos a ensaiar. Se o valor médio dos resultados do ensaio da amostra inicial for conforme com os valores prescritos, o lote de controlo é considerado aceitável, caso contrário, deve ser recolhida uma segunda amostra com a dimensão da amostra inicial efectuando a mesma análise descrita anteriormente. Caso o valor médio do ensaio combinado da amostra inicial e da segunda amostra não seja conforme com os valores prescritos, o lote de controlo pode ser rejeitado.

4.22. Avaliação da conformidade de pavimentos e revestimentos cerâmicos

Para fins de ensaios, os ladrilhos cerâmicos podem ser agrupados em famílias onde se considera que os resultados para uma ou mais características de qualquer item de família são representativos para todos os itens dessa família de ensaios. As famílias podem ser definidas em termos de características do corpo cerâmico (mesmo tamanho e espessura) ou de acabamento superficial (mesmo vidro e/ou composição da decoração e propriedades). Segundo a *NP EN 14411* [N1], a conformidade de uma família de ladrilhos cerâmicos deve ser demonstrada por:

- Ensaios de tipo inicial (ETI),
- Controlo da produção em fábrica pelo produtor, incluindo a avaliação do produto (CPF).

4.22.1. Ensaios de tipo inicial (ETI)

Os ensaios de tipo inicial (ETI) devem ser realizados para confirmar que as características de uma família de produtos cumprem os requisitos da norma. Todas as características declaradas devem ser sujeitas a ensaios do tipo inicial, com excepção da reacção ao fogo Decisão 96/603/EEC [D7], emendada pelas Decisões 2000/605/EC [D8] e 2003/424/EC [D9].

4.22.2. Controlo da produção em fábrica (CPF)

O produtor deve documentar e manter um sistema controlo da produção em fábrica (CPF) para garantir que os produtos colocados no mercado estão conforme as características de desempenho declaradas. O sistema CPF consiste em procedimentos, inspecções regulares, ensaios e/ou avaliações e utilização dos resultados para controlar matérias-primas e outros materiais ou componentes, equipamentos, processo produtivo e o produto.

Um sistema CPF tem que estar conformidade com os requisitos da *NP EN ISO 9001:2008 – Sistema de gestão da qualidade. Requisitos* [N26]. Para isso, o produtor deve manter e aplicar

procedimentos documentados para controlar, calibrar e manter equipamentos de monitorização e medição. Os ensaios devem ser realizados para cada família de produtos segundo os métodos de ensaio e frequências mínimas indicadas no Quadro 4.27.

Quadro 4.27 – Métodos de ensaio e frequências mínimas [N1]

Propriedade	Método de ensaio	Frequência mínima dos ensaios
Reacção ao fogo	Decisão 96/603/EEC, emendada pelas Decisões 2000/605/EC e 2003/424/EC	-
Resistência à ruptura, resistência à flexão ^b	NP EN ISO 10545-4	Uma vez por ano
Escorregamento ^c		Uma vez por ano
Deslizamento ^c		Uma vez por ano
Resistência ao choque térmico ^a	NP EN ISO 10545-9	Uma vez por ano
Resistência ao gelo/degelo ^a	NP EN ISO 10545-12	Uma vez por ano
Tensão de aderência/aderência ^a		Uma vez por grupo de produtos
Libertação de substâncias perigosas ^c	NP EN ISO 10545-15	Uma vez por ano
^a Ensaio para um grupo de produtos		
^b Ensaio para uma família num grupo de produtos (grupo de absorção, dimensões e espessura)		
^c Ensaio para uma família num grupo de produtos (características de acabamento superficial, mesma composição e propriedades)		

4.22.3. Marcação e especificações

Só depois de o fabricante ter realizado todas os procedimentos exigidos pelo sistema de avaliação da conformidade do produto, poderá então proceder à marcação do produto. Segundo a norma *NP EN 14411* [N1], os ladrilhos cerâmicos, e/ou as suas embalagens, devem apresentar a seguinte marcação:

- 1) Marca do produtor e/ou marca comercial e país de origem;
- 2) Marca indicando a primeira qualidade;
- 3) Referência ao correspondente Anexo da norma europeia, *EN 14411* e classificação (“Precisão” e “Natural”), isto no caso de ladrilhos extrudidos;
- 4) Dimensões nominais e de fabrico;
- 5) Natureza da superfície, isto é, vidrada (GL) ou não vidrada (UGL).

No Quadro 4.28 são indicados alguns exemplos de marcação dos ladrilhos cerâmicos.

Quadro 4.28 – Exemplos de marcação de ladrilhos cerâmicos [N1]

Ladrilhos Cerâmicos
Ladrilho cerâmico 1ª qualidade EN 14411 Anexo A, Precisão 25cm x 12,5cm (W 240mm x 115mm x 10mm) GL
Ladrilho cerâmico 1ª qualidade EN 14411 Anexo A, Natural 15cm x 15cm (W 150mm x 150mm x 12mm) UGL

Segundo o Anexo Q, da norma *NP EN 14411* [N1], os ladrilhos cerâmicos de primeira qualidade comercial, são todos aqueles que cumprem todos os requisitos desta norma. Os ladrilhos cerâmicos não de primeira qualidade devem cumprir com as características definidas nos Quadros ZA.1 a ZA.4 no Anexo ZA (ver Quadro 6.1 a 6.4), da norma, e com quaisquer requisitos declarados pelo fabricante relativos a ladrilhos não de primeira qualidade ou requisitos acordados entre o fabricante e o cliente para o lote.

4.22.4. Sistemas de avaliação da conformidade aplicáveis

De acordo com o Anexo ZA da *NP EN 14411* [N1], os sistemas para a avaliação da conformidade de ladrilhos cerâmicos aplicáveis em pavimentos e acabamentos de paredes e tectos são os sistemas 4 ou 3. Os Quadros 4.29 e 4.30 identificam os sistemas de avaliação da conformidade a adoptar.

Quadro 4.29 – Sistemas de avaliação da conformidade: Pavimentos [N1]

Utilizações previstas	Nível ou classe	Sistema de avaliação da conformidade
Para utilizações em interior incluindo áreas fechadas de transportes públicos	A1 _{fl} *** e F	4
Para utilizações em exterior no revestimento de áreas exteriores de circulações de peões e de veículos	-	4
Produtos sujeitos a regulamentos de substâncias perigosas ¹⁾	-	3

*** Produtos/materiais que não necessitam de serem ensaiados na reacção ao fogo (por exemplo, produtos/materiais da Classe A1 segundo a Decisão da Comissão 96/603/EC, tal como emendado).

¹⁾ Em especial, as substâncias perigosas definidas na Directiva 76/769/EEC, tal como emendada; com referência à Directiva 93/43/EEC tal como emendada.

Os ladrilhos cerâmicos são considerados da classe A1_{fl} de reacção ao fogo, sem ensaio, segundo a Decisão 96/603/EEC [D7], tal como emendada nas Decisões 2000/605/EC [D8] e 2003/424/EC [D9], sendo por isso aplicável o sistema 4. O sistema 3 é adoptado apenas para a libertação de chumbo e de cádmio (quando requerido).

Quadro 4.30 – Sistemas de avaliação da conformidade: Acabamentos de paredes e tectos [N1]

Utilizações previstas	Nível ou classe	Sistema de avaliação da conformidade
Para acabamentos interiores e exteriores de paredes e tectos sujeitos a regulamentos de reacção ao fogo	A1*** e F	4
Para acabamentos interiores e exteriores de paredes e tectos sujeitos a regulamentos de substâncias perigosas ¹⁾ e de tectos suspensos interiores sujeitos a requisitos de segurança na utilização	-	3
Para acabamentos interiores e exteriores de paredes e tectos em utilizações diferentes das indicadas acima	-	4

*** Produtos/materiais que não necessitam de serem ensaiados na reacção ao fogo (por exemplo, produtos/materiais da Classe A1 segundo a Decisão da Comissão 96/603/EC, tal como emendado).

¹⁾ Em especial, as substâncias perigosas definidas na Directiva 76/769/EEC, tal como emendada; com referência à Directiva 93/43/EEC tal como emendada.

Resumidamente e de forma a visar a marcação CE dos produtos, estes sistemas de avaliação da conformidade diferenciam-se pelas tarefas a cumprir. O sistema 3 requer pelo fabricante, um controlo de produção da fábrica e pelo organismo notificado (Laboratório) um ensaio inicial do produto. O sistema 4 requer apenas pelo fabricante um controlo de produção da fábrica e um ensaio inicial do produto.

4.23. Marcação CE e etiquetagem

Só depois do fabricante ter realizado todas as tarefas exigidas pelo sistema de avaliação da conformidade do produto poderá então proceder à marcação CE do produto. De acordo com a *NP EN 14411* [N1], o símbolo da marcação CE para ladrilhos cerâmicos deve aparecer na embalagem e/ou documentos comerciais acompanhada da seguinte informação:

- Referência da norma *EN 14411*;
- Nome ou marca de identificação do produtor;
- Os dois últimos dígitos do ano de aposição da marca;
- A classificação do produto e utilizações finais;
- As indicações que possibilitem a identificação das características dos produtos na base das especificações técnicas.

4.23.1. Exemplo de modelo de referência para marcação e etiquetagem


	Símbolo CE dado na <i>Directiva 93/68/CEE</i>
Empresa X – Apartado 8052, P-3020	Nome ou marca de identificação e morada da sede social do produtor
EN 14411	Referência da norma <i>EN 14411</i>

Figura 4.30 – Exemplo de marcação CE na embalagem [N1]

4.23.2. Exemplo de informação na marcação CE em documentos comerciais de acompanhamento para ladrilhos de pavimentos


		Símbolo CE dado na Directiva 93/68/CEE
Empresa X – Apartado 8052, P-3020 06		Nome ou marca de identificação e morada legal do produtor Dois últimos dígitos do ano de afixação da marcação
EN 14411 Ladrilhos cerâmicos, prensados a seco, para pavimentos interiores e exteriores		Referência da norma <i>EN 14411</i> Classificação do produto e utilização prevista
Características	Valor declarado	Informação relativa a características regulamentadas
Reacção ao fogo	A1 _{fl}	
Resistência à ruptura	>... N	
Escorregamento	Valor declarado Declaração do método de ensaio utilizado	
Deslizamento	Valor declarado Declaração do método de ensaio utilizado	
Resistência ao gelo/degelo (resistência ao gelo)	Aceite	
Libertação de substâncias perigosas		
- Libertação de cádmio	... mg/dm ²	
- Libertação de chumbo	... mg/dm ²	

Figura 4.31 – Exemplo de informação na marcação CE em documentos para ladrilhos de pavimentos [N1]

4.23.3. Exemplo de informação na marcação CE em documentos comerciais de acompanhamento para ladrilhos de paredes e tectos


		Símbolo CE dado na Directiva 93/68/CEE
Empresa X – Apartado 8052, P-3020 06		Nome ou marca de identificação e morada legal do produtor Dois últimos dígitos do ano de afixação da marcação
EN 14411 Ladrilhos cerâmicos, prensados a seco, para acabamentos de paredes/tectos interiores e exteriores		Referência da norma <i>EN 14411</i> Classificação do produto e utilização prevista
Características	Valor declarado	Informação relativa a características regulamentadas
Reacção ao fogo	A1	
Resistência à tracção por flexão	>... N/mm ²	
Resistência ao choque térmico	Aceite	
Resistência ao gelo/degelo	Aceite	
Libertação de substâncias perigosas - Libertação de cádmio - Libertação de chumbo	... mg/dm ² ... mg/dm ²	
Resistência da colagem	DND	

Figura 4.32 – Exemplo de informação na marcação CE em documentos para ladrilhos de paredes e tectos [N1]

Segundo a mesma norma, os produtores que colocam os seus produtos no mercado de países que não dispõem de requisitos regulamentares para uma dada característica numa utilização prevista particular, não são obrigados a determinar nem a declarar o desempenho em relação a essa característica e a opção “Desempenho Não Determinado” (DND) pode ser utilizada.

CAPÍTULO 5

5. COLAS E ARGAMASSAS DE JUNTAS PARA LADRILHOS CERÂMICOS

5.1. Introdução às colas e argamassas de juntas para ladrilhos cerâmicos

Um revestimento cerâmico colado a um suporte constitui um sistema complexo, composto pelos ladrilhos cerâmicos, colas (produto de colagem) e argamassas de juntas (produto de preenchimento das juntas entre ladrilhos). Neste capítulo apenas se abordará o produto de colagem (cola) e o produto de preenchimento das juntas (argamassas para juntas) entre ladrilhos cerâmicos dando continuidade ao *Capítulo 4 – Pavimentos e revestimentos cerâmicos*.

Nos últimos tempos foram desenvolvidos produtos químicos que, por si só quando associados com cimento, inertes e outros produtos, permitem obter forças de adesão recomendáveis para aplicação de materiais cerâmicos.

A cola é responsável pela solidarização dos ladrilhos cerâmicos ao suporte (por exemplo, laje de betão ou parede de alvenaria). Dessa solidarização resulta a partilha entre ambos das acções exteriores e a restrição das suas deformações diferenciais, pois o facto do suporte e do ladrilho cerâmico possuírem diferentes características físicas e mecânicas, as suas variações dimensionais seriam diferentes se não fosse aplicado o produto de colagem (cola). Já as argamassas de juntas têm a função de preencher as juntas dos ladrilhos cerâmicos, para revestimentos e pavimentos de interiores ou exteriores; podendo ser impermeável, permeável e pigmentada. Actualmente é possível produzir uma grande gama de cores de argamassas de juntas.

As propriedades dos produtos de colagem (colas), também conhecidos por adesivos, para aplicação de ladrilhos cerâmicos são determinadas principalmente pelo tipo de ligantes utilizados, os diferentes tipos de colas são definidos segundo a natureza química dos seus ligantes. Cada tipo de cola tem características específicas em termos de propriedades de aplicação e desempenho final. Segundo a *NP EN 12004* [N2], existem três tipos de colas, para ladrilhos cerâmicos e pedras naturais, em função da sua composição química, os cimentos-cola (C), cola em dispersão aquosa (D) e cola de resinas de reacção (R), todas com diferentes características.

De acordo com a norma *NP EN 12004*, os cimentos-cola são definidas como, “Mistura de ligantes hidráulicos, agregados e aditivos orgânicos. As colas são misturadas com água ou com o

líquido de adição imediatamente antes da sua utilização” [N2]. Os cimentos-cola são colas à base de cimento, designados do tipo C (C = base de cimento) e são os mais correntes nos sistemas de revestimento cerâmico colado. Já as colas em dispersão aquosa são definidas pela mesma norma como, “Mistura de ligantes hidráulicos sob a forma de polímeros em dispersão aquosa, de aditivos orgânicos e de cargas minerais finas” [N2]. Sendo estas designadas do tipo D (D = dispersão). Uma das grandes vantagens deste tipo de cola é a sua facilidade na utilização, não sendo necessário qualquer componente ou substância para ser preparada. Finalmente, as colas de resinas de reacção, são definidas como, “Mistura de resinas sintéticas, cargas minerais finas e aditivos orgânicos, em que o endurecimento ocorre por reacção química” [N2]. Estas são designadas como do tipo R (R = resinas reactivas). Este tipo de cola é utilizado normalmente em situações onde seja necessário uma resistência química elevada.

Relativamente às argamassas para juntas, as propriedades das argamassas são determinadas pelo tipo de ligante utilizado e pela sua composição química. Os diferentes tipos de argamassas de juntas para ladrilhos cerâmicos, possuem características específicas em termos de aplicação final. Segundo a norma *EN 13888* [N3] existem duas categorias de argamassas de juntas para ladrilhos cerâmicos, em função da sua composição química, argamassa de cimento (CG) e argamassa de resina de reacção (RG), podendo ser-lhes adicionados adjuvantes líquidos ou elásticos (por exemplo, Latéx), sob a forma de dispersões poliméricas aquosas que são misturadas em obra. Em revestimentos cerâmicos de fachadas, é usual utilizar-se argamassas para juntas impermeáveis, para evitar que a água penetre para o interior da parede, aumentando, com isto, a durabilidade do revestimento e evitando o aparecimento de eflorescências²⁹.

Segundo a norma europeia *EN 13888*, as argamassas de cimento são definidas como, “Mistura de ligantes hidráulicos, agregados e aditivos inorgânicos e/ou orgânicos” [N3]. As argamassas de cimento, são designadas do tipo CG (C = base de cimento). Já as argamassas de resina de reacção são definidas como, “Mistura de resinas sintéticas, agregados, aditivos inorgânicos e orgânicos, em que o endurecimento ocorre por reacção química” [N3]. São designados como do tipo GR (R = resinas reactivas).

Como materiais de construção, as colas e as argamassas de juntas para ladrilhos cerâmicos tem como enquadramento regulamentar o *Regulamento (EU) N.º 305/2011 do Parlamento Europeu e do Conselho de 9 de Março de 2011* [D1], estabelecendo condições harmonizadas para a comercialização dos produtos de construção, revogando assim a Directiva *89/106/CEE* do Conselho [D2]. Este Regulamento visa substituir a Directiva *89/106/CEE* [D2] a fim de simplificar e clarificar o quadro existente melhorando a transparência e a eficácia das medidas em vigor.

Na continuação deste capítulo, descrevem-se todas as características, ensaios e exigências aplicáveis a colas e argamassas de juntas para ladrilhos cerâmicos de acordo com a normalização em vigor, integrada no acervo normativo nacional

²⁹ Eflorescências – depósitos cristalinos que surgem na superfície do revestimento, resultantes da migração e posterior evaporação de soluções aquosas salinizadas.

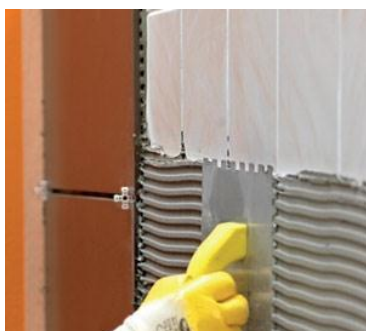


Figura 5.1 – Aplicação do produto cimento-cola com o auxílio de uma talocha denteada [19]



Figura 5.2 – Exemplo de argamassa de junta [110]

5.2. Generalidades

5.2.1. Colas para ladrilhos cerâmicos

A norma europeia harmonizada de referência para colas utilizadas em ladrilhos cerâmicos é a *NP EN 12004:2008 – Colas para ladrilhos: Requisitos, avaliação da conformidade, classificação e designação* [N2]. Esta norma aplica-se a colas para aplicações interiores e exteriores de ladrilhos cerâmicos em pavimentos, paredes e tectos, definindo e especificando métodos de aplicação, ensaios, requisitos funcionais e critérios de marcação, sendo que, quando estes se revelam estar em conformidade com a norma, garantem a capacidade de desempenhar a sua função segundo os níveis de desempenho declarados.

As relações entre as características e as condições de utilização (condições de humidade ou de secura, clima quente, presa rápida, etc.) não são apresentadas na norma *NP EN 12004* [N2], sendo que o prescritor deve avaliar o estado do local da obra (influências mecânicas e térmicas) e escolher o produto apropriado, considerando os possíveis riscos.

A classificação apresentada na norma *NP EN 12004* [N2] distingue três tipos de colas, para ladrilhos cerâmicos, em função da sua composição química, como foi referido anteriormente, cimentos-cola (C), colas em dispersão aquosa (D) e colas de resina de reacção (R). Cada tipo está subdividido em diferentes classes de acordo com as suas características fundamentais, isto é, propriedades específicas, que uma cola têm absolutamente de apresentar e características opcionais, propriedades importantes requeridas apenas para utilizações e aplicações específicas, em que são necessários níveis de desempenho acrescidos. As características fundamentais estão divididas em Classes 1 e 2. As características opcionais dividem-se em cinco classes distintas: Classes F, T, E, S1 e S2 (ver Quadro 5.1).

Quadro 5.1 – Classes de colas para ladrilhos cerâmicos [N2]

Características Fundamentais
1 – Cola normal
2 – Cola melhorada (cumpre requisitos para características adicionais)
Características Opcionais
E – Cola com tempo de abertura ³⁰ alargado
F – Cola de presa rápida
T – Cola com deslizamento ³¹ vertical reduzido (resistência ao deslizamento vertical)
S1 – Cola deformável
S2 – Cola altamente deformável

A designação das colas é feita com o símbolo do tipo (C, D ou R), seguido da abreviatura da classe ou classes a que pertence a cola. As classes fundamentais 1 e 2 podem ser combinadas com todas as outras classes. Por exemplo, a Classe C1FT designa uma cola do tipo cimento-cola normal com presa rápida e com elevada resistência ao deslizamento vertical. O Quadro 5.2 apresenta a designação das colas para ladrilhos cerâmicos segundo a norma *NP EN 12004* [N2].

³⁰ Tempo aberto ou tempo de abertura – máximo período de tempo para fixação dos ladrilhos desde o momento da aplicação de uma cola, permitindo cumprir a tensão de aderência especificada [N2], ou seja, intervalo de tempo entre a aplicação do produto e o momento em que deixa de ser eficaz. O tempo aberto é medido segundo a EN 1346.

³¹ Deslizamento – deslocação, sobre uma superfície vertical ou inclinada, de um ladrilho aplicado sobre uma camada de cola penteada. O deslizamento é medido segundo a EN 1308 [N2].

Quadro 5.2 - Designação e classificação das colas [N2]

Símbolo		Descrição
Tipo	Classe	
C	1	Cimentos-cola de presa normal
C	1E	Cimentos-cola de presa normal com tempo aberto alongado
C	1F	Cimentos-cola de presa rápida
C	1FT	Cimentos-cola de presa rápida com deslizamento reduzido
C	2	Cimentos-cola melhorados
C	2E	Cimentos-cola melhorados com tempo de abertura alongado
C	2F	Cimentos-cola de presa rápida melhorados
C	2S1	Cimentos-cola deformáveis melhorados
C	2S2	Cimentos-cola altamente deformáveis melhorados
C	2FT	Cimentos-cola de presa rápida melhorados e com deslizamento reduzido
C	2FTS1	Cimentos-cola de presa rápida deformáveis melhorados e com deslizamento reduzido
D	1	Colas em dispersão aquosa normal
D	1E	Colas em dispersão aquosa normal com tempo aberto alongado
D	1T	Colas em dispersão aquosa normal com deslizamento reduzido
D	2	Colas em dispersão aquosa melhorada
D	2T	Colas em dispersão aquosa melhorada e com deslizamento reduzido
D	2TE	Colas em dispersão aquosa melhorada com deslizamento reduzido e tempo aberto alongado
R	1	Colas de resinas de reacção normal
R	1T	Colas de resinas de reacção normal com deslizamento reduzido
R	2	Colas de resinas de reacção melhorada
R	2T	Colas de resinas de reacção melhorada e com deslizamento reduzido

Existem diversos requisitos especificados pela norma *NP EN 12004* [N2] dependendo do tipo de cola (C, D e R) e a sua classe, separados em características fundamentais e características opcionais. No Quadro 5.3 estão apresentados todas as características e requisitos mínimos mencionados na norma para cada classe de cimentos-cola (C), assim como a norma de ensaio que permite a sua avaliação.

Os cimentos-cola com presa normal devem apresentar as características apresentadas na parte 1a do Quadro 5.3, enquanto os cimentos cola de presa rápida devem estar em conformidade com as características apresentadas na parte 1b. As partes 1c e 1d do Quadro 5.3 especificam as características opcionais que podem ser requeridas para condições especiais de utilização. Sendo que para as características de poder molhante (medido segundo a *EN 1347* [N27]) não existe valores limite, mas o produtor pode declarar os valores a fim de disponibilizar mais informação. Segundo a norma, a quantidade de água e/ou de líquido de adição necessários para a preparação do cimento-cola tem ser a mesma para todos os ensaios.

Quadro 5.3 – Especificações para cimentos-cola (C) [N2]

CARACTERÍSTICAS FUNDAMENTAIS			
1a	Cimentos-cola de presa normal		
Características		Requisito	Método de ensaio
✓	Tensão de aderência inicial à tracção	≥ 0,5 N/mm ²	EN 1348
✓	Tensão de aderência à tracção após imersão em água	≥ 0,5 N/mm ²	
✓	Tensão de aderência à tracção após acção do calor	≥ 0,5 N/mm ²	
✓	Tensão de aderência à tracção após ciclos de gelo-degelo	≥ 0,5 N/mm ²	
✓	Tempo aberto: tensão de aderência à tracção	≥ 0,5 N/mm ² após não menos de 20min	EN 1346
1b	Cimentos-cola de presa rápida		
Características		Requisito	Método de ensaio
✓	Tensão de aderência rápida à tracção	≥ 0,5 N/mm ² após não mais de 6h	EN 1348
✓	Tempo aberto: tensão de aderência à tracção	≥ 0,5 N/mm ² após não menos de 10min	EN 1346
✓	Todos os outros requisitos do Quadro 1a		EN 1348
CARACTERÍSTICAS OPCIONAIS			
1c	Características especiais		
Características		Requisito	Método de ensaio
✓	Deslizamento	≤ 0,5 mm	EN 1308
✓	Tempo aberto prolongado: tensão de aderência à tracção	≥ 0,5 N/mm ² após não menos de 30min	EN 1346
✓	Cimento-cola deformável: deformação transversal ³²	≥ 2,5 mm e < 5 mm	EN 12002
✓	Cimento-cola altamente deformável: deformação transversal	≥ 5 mm	EN 12002
1d	Características adicionais		
Características		Requisito	Método de ensaio
✓	Elevada tensão de aderência inicial à tracção	≥ 1 N/mm ²	EN 1348
✓	Elevada tensão de aderência à tracção após imersão em água	≥ 1 N/mm ²	
✓	Elevada tensão de aderência à tracção após acção do calor	≥ 1 N/mm ²	
✓	Elevada aderência à tracção após ciclos de gelo-degelo	≥ 1 N/mm ²	

No Quadro 5.4 estão apresentados todas as características e requisitos mínimos que devem satisfazer segundo a norma *NP EN 12004* [N2] para todas as classes de colas em dispersão aquosa (D), assim como a norma de ensaio que permite a sua avaliação. Todas as colas em dispersão aquosa devem apresentar as características listadas no Quadro 5.4 na parte 2a. As partes 2b e 2c especificam as características opcionais que podem ser requeridas para as condições especiais de utilização.

³² Deformação transversal – deflexão registada no centro de uma camada de cola endurecida submetida a uma carga aplicada em três pontos. A deformação transversal pode ser utilizada para avaliar a deformabilidade de uma cola, capacidade apresentada por uma cola endurecida para ser deformada por tensões entre o ladrilho e a superfície do suporte, sem danos para a superfície revestida [N2].

Quadro 5.4 – Especificações para colas em dispersão aquosa (D) [N2]

CARACTERISTICAS FUNDAMENTAIS			
2a	Características fundamentais		
Características		Requisito	Método de ensaio
✓	Tensão de aderência inicial ao corte	$\geq 1 \text{ N/mm}^2$	EN 1324
✓	Tensão de aderência ao corte após acção do calor	$\geq 1 \text{ N/mm}^2$	
✓	Tempo aberto: tensão de aderência à tracção	$\geq 0,5 \text{ N/mm}^2$ após não menos de 20min	EN 1346
CARACTERISTICAS OPCIONAIS			
2b	Características especiais		
Características		Requisito	Método de ensaio
✓	Deslizamento	$\leq 0,5 \text{ mm}$	EN 1308
✓	Tempo aberto prolongado: tensão de aderência à tracção	$\geq 0,5 \text{ N/mm}^2$ após não menos de 30min	EN 1346
2c	Características adicionais		
Características		Requisito	Método de ensaio
✓	Elevada tensão de aderência após imersão de água	$\geq 0,5 \text{ N/mm}^2$	EN 1324
✓	Elevada tensão de aderência a alta temperatura	$\geq 1 \text{ N/mm}^2$	

No Quadro 5.5 estão apresentados todas as características e requisitos mínimos que devem satisfazer segundo a norma *NP EN 12004* [N2] para todas as classes de colas de resinas de reacção (R), assim como a norma de ensaio que permite a sua avaliação. Todas as colas de resinas de reacção devem estar em conformidade com as características do Quadro 5.5 relativamente à parte 3a. As partes 3b e 3c especificam as características opcionais que podem ser requeridas para condições especiais de utilização. No que se refere à característica de resistência aos produtos químicos (*NP EN 12808-1* [N28]), não há indicação de valor limite nem qualquer produto químico, sendo que, os meios de ensaio devem ser aqueles a que estarão expostos os materiais resistentes aos produtos químicos quando aplicados em serviço e as condições de ensaio (temperatura, concentração, etc.) devem simular tão exactamente quanto possível as condições previstas de serviço e de exposição.

Quadro 5.5 – Especificações para colas de resinas de reacção (R) [N2]

CARACTERISTICAS FUNDAMENTAIS			
3a	Características fundamentais		
Características		Requisito	Método de ensaio
✓	Tensão de aderência inicial ao corte	$\geq 2 \text{ N/mm}^2$	EN 12003
✓	Tensão de aderência após imersão em água	$\geq 2 \text{ N/mm}^2$	
✓	Tempo aberto: tensão de aderência à tracção	$\geq 0,5 \text{ N/mm}^2$ após não menos de 20min	EN 1346
CARACTERISTICAS OPCIONAIS			
3b	Características especiais		
Características		Requisito	Método de ensaio
✓	Deslizamento	$\leq 0,5 \text{ mm}$	EN 1308
3c	Características adicionais		
Características		Requisito	Método de ensaio
✓	Tensão de aderência ao corte após choque térmico	$\geq 2 \text{ N/mm}^2$	EN 12003

5.2.2. Argamassas de juntas para ladrilhos cerâmicos

A norma europeia harmonizada de referência para argamassas de juntas utilizadas em ladrilhos cerâmicos é a *EN 13888:2009 – Grout for tiles: Requirements, evaluation of conformity, classification and designation* [N3]. Esta norma aplica-se a argamassas de juntas para aplicações interiores e exteriores de ladrilhos cerâmicos em paredes e pavimentos, definindo e especificando métodos de aplicação, propriedades e requisitos funcionais, sendo que, quando estes se revelam estar em conformidade com a norma, garantem a capacidade de desempenhar a sua função segundo os níveis de desempenho declarados.

Segundo a norma *EN 13888* [N3], as relações entre as características e as condições de utilização (condições de humidade ou de secura, clima quente, presa rápida, etc.) não são apresentadas na norma, sendo que o prescritor deve avaliar o estado do local da obra e escolher o produto apropriado, considerando os possíveis riscos.

A classificação apresentada na norma *EN 13888* [N3] distingue dois tipos de argamassas de juntas para ladrilhos cerâmicos, em função da sua composição química, como foi referido anteriormente, argamassa de cimento (GC) e argamassa de resina de reacção (RG). Tal como nas colas para ladrilhos cerâmicos, as argamassas de cimento para juntas, estão subdivididas em diferentes classes de acordo com as suas características fundamentais, isto é, propriedades que uma argamassa têm absolutamente de apresentar e características adicionais, propriedades específicas, em que são necessários níveis de desempenho acrescidos. As características fundamentais estão divididas em Classes 1 e 2. As características adicionais dividem-se em duas classes distintas: Classes W e A (ver Quadro 5.6). Já as argamassas de resinas de reacção apenas possuem características fundamentais.

Quadro 5.6 – Classes das argamassas para juntas entre ladrilhos cerâmicos [N3]

Características Fundamentais
1 – Argamassa de junta normal
2 – Argamassa de junta melhorada (cumprе requisitos para características adicionais)
Características Adicionais
W – Reduzida absorção de água
A – Resistência abrasiva

A designação das argamassas para juntas é feita com o símbolo do tipo (CG ou RG), seguido da abreviatura da classe ou classes a que pertence a cola. Por exemplo, a Classe CG 2W designa uma argamassa de junta à base de cimento melhorada com reduzida absorção de água. O Quadro 5.7 apresenta a designação das argamassas para juntas entre ladrilhos cerâmicos segundo a norma *EN 13888* [N3].

Quadro 5.7 – Designação e classificação das argamassas de juntas [N3]

Símbolo		Descrição
Tipo	Classe	
CG	1	Argamassa de junta normal
CG	2W	Argamassa de junta melhorada com reduzida absorção de água
CG	2A	Argamassa de junta melhorada com resistência abrasiva
CG	2WA	Argamassa de junta melhorada com reduzida absorção de água e com resistência abrasiva
RG		Argamassa de junta de resina de reacção

No Quadro 5.8 estão apresentados todas as características e requisitos mínimos mencionados na norma europeia *EN 13888* [N3], para argamassas de cimento para juntas de ladrilhos cerâmicos (CG), assim como a norma de ensaio que permite a sua avaliação. Segundo a norma, a quantidade água e/ou líquido de adição necessários para a preparação da argamassa de cimento deve ser a mesma para todos os ensaios, a fim de garantir a veracidade dos ensaios.

Quadro 5.8 – Especificações para argamassas de cimento (CG) [N3]

CARACTERÍSTICAS FUNDAMENTAIS		
Características	Requisito	Método de ensaio
✓ Resistência à abrasão	$\leq 2000 \text{ mm}^3$	<i>NP EN 12808-2</i>
✓ Resistência à flexão em condições normalizadas	$\geq 2,5 \text{ N/mm}^2$	<i>NP EN 12808-3</i>
✓ Resistência à flexão após ciclos de gelo-degelo	$\geq 2,5 \text{ N/mm}^2$	<i>NP EN 12808-3</i>
✓ Resistência à compressão em condições normalizadas	$\geq 15 \text{ N/mm}^2$	<i>NP EN 12808-3</i>
✓ Resistência à compressão após ciclos de gelo-degelo	$\geq 15 \text{ N/mm}^2$	<i>NP EN 12808-3</i>
✓ Retracção ³³	$\leq 3 \text{ mm/m}$	<i>NP EN 12808-4</i>
✓ Absorção de água após 30 min	$\leq 5 \text{ g}$	<i>NP EN 12808-5</i>
✓ Absorção de água após 240 min	$\leq 10 \text{ g}$	<i>NP EN 12808-5</i>
CARACTERÍSTICAS ADICIONAIS		
Características	Requisito	Método de ensaio
✓ Alta resistência abrasiva	$\leq 1000 \text{ mm}^3$	<i>NP EN 12808-2</i>
✓ Reduzida absorção de água após 30 min	$\leq 2 \text{ g}$	<i>NP EN 12808-5</i>
✓ Reduzida absorção de água após 240 min	$\leq 5 \text{ g}$	<i>NP EN 12808-5</i>

No Quadro 5.9 estão apresentados todas as características e requisitos mínimos mencionados na norma europeia *EN 13888* [N3], para argamassas de resinas de reacção para juntas de ladrilhos cerâmicos (RG), assim como a norma de ensaio que permite a sua avaliação. No que se refere à característica de resistência aos produtos químicos (*NP EN 12808-1* [N28]), não há indicação de valor limite nem de qualquer produto químico. Tal como nas colas de resinas de reacção, os meios de ensaio deste tipo de argamassa de junta para a determinação da resistência química, devem ser aqueles a que estarão expostos os materiais resistentes aos produtos químicos quando aplicados em serviço, sendo que, as condições de ensaio (temperatura, etc.) devem simular tão exactamente quanto possível as condições previstas de serviço de exposição.

³³ Retracção – Redução do volume de uma argamassa, durante o seu endurecimento [N29].

Quadro 5.9 – Especificações para argamassas de resinas de reacção (RG) [N3]

CARACTERÍSTICAS FUNDAMENTAIS		
Características	Requisito	Método de ensaio
✓ Resistência à abrasão	$\leq 250 \text{ mm}^3$	NP EN 12808-2
✓ Resistência à flexão em condições normalizadas	$\geq 30 \text{ N/mm}^2$	NP EN 12808-3
✓ Resistência à compressão em condições normalizadas	$\geq 45 \text{ N/mm}^2$	NP EN 12808-3
✓ Retracção	$\leq 1,5 \text{ mm/m}$	NP EN 12808-4
✓ Absorção de água após 240 min	$\leq 0,1 \text{ g}$	NP EN 12808-5

5.3. Tensão de aderência para cimentos-cola (C)

Tal como referido anteriormente, o produto responsável pela adesão no sistema de revestimento cerâmico colado é a cola. Essa adesão é quantificável pela tensão de aderência, podendo ser obtida em ensaios de arrancamento por tracção. Tendo em conta que existem vários factores e mecanismos que revertem para uma degradação e envelhecimento do sistema de revestimento cerâmico colado, são considerados pela norma *NP EN 12004* [N2], vários tipos de ensaios com características diferentes para avaliar a adesão dos cimentos-cola aos revestimentos cerâmicos em circunstâncias diferentes, paralelas aos vários factores de carácter higrotérmico.

Os ensaios para a determinação da tensão de aderência³⁴ à tracção para cimentos-cola são feitos segundo os métodos especificados na *EN 1348:2007 – Adhesives for tiles: Determination of tensile adhesion strength for cementitious adhesives* [N30]. Estes ensaios consistem na determinação da força de tracção máxima que é necessário aplicar numa área de revestimento aplicado sobre o suporte. A tensão de aderência é a razão entre a força obtida e a área de revestimento arrancado. Esta pode representar a tensão de aderência ou o seu limite inferior, consoante o seu tipo de rotura (rotura adesiva ou coesiva).

Segundo esta norma os revestimentos cerâmicos utilizados nestes ensaios devem pertencer ao grupo BI_a descritos na norma *NP EN 14411* [N1], com uma capacidade de absorção de água inferior a 0,5 % possuindo a superfície não vidrada. De acordo com a norma, os ladrilhos cerâmicos devem ser cortados, para se obter as dimensões de ensaio de $(50 \pm 1) \text{ mm} \times (50 \pm 1) \text{ mm}$. Na determinação da resistência à tracção dos cimentos-cola, a norma europeia *EN 1348* [N30], exige a utilização de placas de betão com certas características, definidas na norma europeia *EN 1323* [N31].

Conforme as suas características fundamentais (presa normal e presa rápida) e as suas características opcionais (características especiais e adicionais), os cimentos-cola (C) possuem requisitos mínimos para estarem em conformidade segundo a norma normalizada *NP EN 12004* [N2], detalhados no Quadro 5.3 no subcapítulo 5.2.1.

³⁴ Tensão de aderência – força máxima de ruptura por unidade de superfície, que pode ser medida com aplicação de uma força de tracção ou de corte. A tensão de aderência pode ser avaliada segundo a *EN 1348*, *EN 1324* ou *EN 12003* conforme o tipo de cola utilizada [N2].

Os métodos de ensaio descritos em seguida são realizados com o auxílio de um peso, uma massa capaz de exercer uma força de $(20 \pm 0,05)$ N; uma máquina de ensaio de tracção; um aparelho de medição da resistência à tracção; placas metálicas com um encaixe adequado para a máquina de tracção e uma cola de alta resistência à base de resina epoxídica.

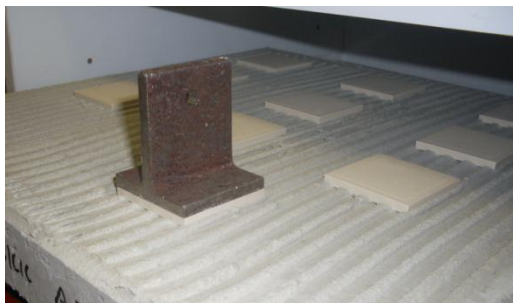


Figura 5.3 – Placa metálica com encaixe adequado para a máquina de tracção

5.3.1. Procedimento

5.3.1.1. Mistura do cimento-cola

Antes de se proceder aos respectivos ensaios é necessário condicionar os materiais assegurando certas condições de ensaio. Segundo a norma europeia *EN 1348* [N30], a temperatura ambiente deve-se encontrar a (23 ± 2) °C e a humidade relativa deve ser de (50 ± 5) % com uma velocidade do ar na área de trabalho inferior a 0,2 m/s. Após asseguradas as condições de ensaio, procede-se à mistura do cimento-cola, recolhendo uma amostra de pelo menos 2 kg de cola (em pó) em conformidade com a norma *EN 1067* [N32] com um volume de água indicado pelo fabricante.

De acordo com a norma *EN 1348* [N30], utiliza-se um misturador do tipo descrito em 4.4 da *EN 196-1* [N33], para preparação da mistura do cimento-cola. A quantidade de água e/ou líquido de mistura necessária para a preparação do cimento-cola, deve estar de acordo com a declaração do produtor, seguindo o procedimento:

- Deitar o líquido no recipiente;
- Espalhar o pó seco sobre o líquido;
- Misturar durante 30 segundos;
- Retirar a pá misturadora;
- Raspar a pá e o recipiente durante 1 min;
- Repor a pá e misturar durante 1min

Depois de misturada e obtida a pasta de cimento-cola, respeita-se o tempo de maturação³⁶ estabelecido pelo fabricante. Se as instruções do produtor o requererem, deve-se deixar o cimento-cola ou argamassa maturar e em seguida misturar durante mais 15 segundos.

³⁵ Tempo de repouso (maturação) – período de tempo entre a preparação de uma cola e o momento em que esta deve ser aplicada [N2].



Figura 5.4 – Misturador



Figura 5.5 – Recolha da amostra (2 Kg)

5.3.1.2. Placa de betão

A placa de betão a ser ensaiada deve estar em conformidade com a norma *EN 1323:2007 – Adhesives for tiles: Concrete slabs for tests* [N31]. Segundo esta norma, a placa de betão deve possuir pelo menos 35 mm de espessura, com um teor de humidade inferior a 3% em massa e uma absorção de água após 4 horas no intervalo de $0,5 \text{ cm}^3$ a $1,5 \text{ cm}^3$. A tensão de aderência à tracção deve ser no mínimo de $1,5 \text{ N/mm}^2$ e a relação entre água/cimento deve ser 0,5 em massa.

Estas especificações podem ser efectuadas utilizando o procedimento de fabricação da placa de betão especificado na norma *EN 1323* [N31].



Figura 5.6 – Placa de betão e restantes materiais para a preparação do provete

5.3.1.3. Preparação dos provetes

Para a preparação dos provetes, aplica-se uma camada fina de mistura de cimento-cola sobre a placa de betão seca e isenta de partículas soltas e manchas que poderão prejudicar a adesão ao suporte, com uma talocha de bordo liso. Em seguida, seguindo as prescrições do ponto 8.1 da norma europeia *EN 1348* [N30], aplica-se outra camada mais espessa com uma talocha dentada³⁶. Após 5 min coloca-se os respectivos ladrilhos cerâmicos do tipo referido em 5.3., sobre o cimento-cola, distanciados a uma distância de 50 mm (ver Figura 5.7) e de seguida carrega-se cada ladrilho cerâmico com uma massa capaz de exercer uma força de $(20 \pm 0,05) \text{ N}$ por 30 segundos.

³⁶ Talocha denteada – ferramenta denteada, que permite aplicar a cola em camadas com estrias de espessura regular na superfície de aplicação e/ou no tardo do ladrilho a aplicar [N2].



Figura 5.7 – Exemplo de preparação de um provete para ensaios de aderência para cimentos-cola

5.3.1.4. Tensão inicial à tracção

Este ensaio destina-se a todos os cimentos-cola (C) de presa normal e de presa rápida, e aqueles que possuem características adicionais, como, elevada tensão de aderência inicial à tracção.

Após a preparação dos provetes (5.3.1.3.), armazena-se durante 27 dias em condições normais, ou seja, a temperatura ambiente deve encontrar-se a $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ e a humidade relativa deve ser de $(50 \pm 5) \%$ com uma velocidade do ar na área de trabalho inferior a 0,2 m/s. Depois desse período de armazenamento liga-se os provetes a placas metálicas com um encaixe adequado para a máquina de tracção (ver Figura 5.3) por uma cola de alta resistência adequada (por exemplo, epoxídica). Em seguida, armazena-se durante mais 24 h sobe as mesmas condições referidas anteriormente e determina-se através de um ensaio “pull-off” a força de aderência, aplicando uma força constante de $(250 \pm 50) \text{ N/s}$.

Se o cimento-cola possuir características de presa rápida deve-se determinar a força de aderência à tracção 6 horas após a ligação às placas metálicas.

5.3.1.5. Tensão à tracção após imersão em água

Este ensaio destina-se a todos os cimentos-cola (C) de presa normal e de presa rápida, e aqueles que possuem características adicionais, como, elevada tensão de aderência à tracção após imersão em água.

Após a preparação dos provetes, aguarda-se 7 dias de armazenamento em condições normais (mesmas condições do ensaio anterior) e de seguida faz-se mergulhar os provetes em água, à temperatura ambiente, deixando-os imersos durante 20 dias. Após os 20 dias os provetes são removidos da água e limpos com um pano seco, seguidamente são ligados às placas metálicas com um encaixe adequado para a máquina de tracção. Após mais 7 horas, estes são imersos de novo em água à qual os provetes ficam armazenados durante 24 horas. De seguida remove-se os provetes da água e realiza-se de imediato o teste de à tracção em concordância com 5.3.1.4.



Figura 5.8 – Aderência à tracção após imersão em água [L7]

5.3.1.6. Tensão de aderência após acção do calor

Este ensaio destina-se a todos os cimentos-cola (C) de presa normal e de presa rápida, e aqueles que possuem características adicionais, como, elevada tensão de aderência à tracção após acção do calor.

Após a preparação dos provetes, deixa-se os provetes em repouso durante 14 dias em condições normais, ou seja, a temperatura ambiente deve encontrar-se a $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ e a humidade relativa deve ser de $(50 \pm 5) \%$ com uma velocidade do ar na área de trabalho inferior a 0,2 m/s, seguidamente coloca-se os provetes numa câmara de aquecimento que permite a circulação de ar a $(70 \pm 3) ^\circ\text{C}$ por mais 14 dias. Após esse período, remove-se os provetes da câmara e liga-se estes às placas metálicas com um encaixe adequado para a máquina de tracção através de uma cola de alta resistência apropriado (por exemplo, epoxídica), seguidamente deixa-se os provetes novamente em repouso durante 24 horas em condições normais. Após esse período, determina-se a força de aderência em concordância com o subcapítulo 5.3.1.4.

5.3.1.7. Tensão à tracção após ciclos de gelo-degelo

Este ensaio destina-se a todos os cimentos-cola (C) de presa normal e de presa rápida, e aqueles que possuem características adicionais, como, elevada aderência à tracção após ciclos de gelo-degelo.

O princípio deste ensaio consiste em, preparar os provetes segundo o subcapítulo 5.3.1.3. adicionando uma camada de cimento-cola, com aproximadamente 1 mm de espessura com o auxílio de uma talocha na face posterior do revestimento cerâmico, ou seja, no tardo dos ladrilhos cerâmicos antes de estes serem colados ao suporte.

De seguida, condiciona-se os provetes durante 7 dias em condições normais, ou seja, a temperatura ambiente deve encontrar-se a $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ e a humidade relativa deve ser de $(50 \pm 5) \%$ com uma velocidade do ar na área de trabalho inferior a 0,2 m/s. Após esse período coloca-se os provetes em água durante 21 dias antes da realização de 25 ciclos de congelamento e descongelamento (gelo-degelo). Para cada ciclo de gelo-degelo é necessário:

- 1) Remover os provetes da água e colocá-los numa câmara fria para conseguir uma temperatura constante de $(-15 \pm 3) ^\circ\text{C}$ dentro de $2 \text{ h} \pm 20\text{min}$;

- 2) Manter os provetes de ensaios a uma temperatura de $(-15 \pm 3) ^\circ\text{C}$ dentro de $2 \text{ h} \pm 20\text{min}$;
- 3) Mergulhar os provetes em água a uma temperatura de $(20 \pm 3) ^\circ\text{C}$ e elevar a temperatura até $(15 \pm 3) ^\circ\text{C}$;
- 4) Manter os provetes a uma temperatura de $(15 \pm 3) ^\circ\text{C}$ durante um mínimo de 2 h antes de iniciar-se o seguinte ciclo.

Repete-se este ciclo 25 vezes. Após o último ciclo remove-se os provetes da água e limpa-se com um pano seco, ligando de seguida às placas metálicas com um encaixe adequado para a máquina de tracção. Em seguida condiciona-se durante mais 24 horas sob condições normais e determina-se a tensão à tracção de acordo com o subcapítulo 5.3.1.4.

5.3.2. Cálculo e expressão dos resultados

Segundo a *EN 1348* [N30], a tensão individual à tracção é determinada com uma precisão de $0,1 \text{ N/mm}^2$ utilizando a seguinte equação:

$$A_s = L/A \quad (\text{N/mm}^2)$$

Segundo a norma europeia *EN 1348* [N30], a tensão à tracção para cada conjunto de condições deve ser determinada da seguinte forma:

- Determinar a média de dez valores;
- Descartar os valores que estejam fora de um intervalo de $\pm 20 \%$ do valor médio;
- Se cinco ou mais de cinco valores permanecerem, determinar o valor médio novo;
- Se menos de cinco valores permanecerem, deve-se repetir o ensaio;
- Determinar o modo de rotura dos provetes ensaiados de acordo com a norma *NP EN 12004* [N2].

Nos ensaios de arrancamento por tracção é fundamental identificar o tipo de rotura observado. O conhecimento do modo de rotura é essencial pois a tensão que se obtém no ensaio representa a tensão de aderência ou o seu limite inferior, consoante a rotura é adesiva ou coesiva, respectivamente. Segundo o Anexo A da norma *NP EN 12004* [N2], a rotura adesiva pode ser de três tipos: rotura adesiva entre a cola e o suporte (AF-S, ver Figura 5.9), rotura adesiva entre o ladrilho e a cola (AF-T, ver Figura 5.10), rotura adesiva entre o ladrilho e a peça de tracção (BT, ver Figura 5.11), este tipo de rotura é provocado por erro de ensaio na colagem das peças de tracção com cola de alta resistência à base de resina epoxídica, devendo o ensaio ser repetido.

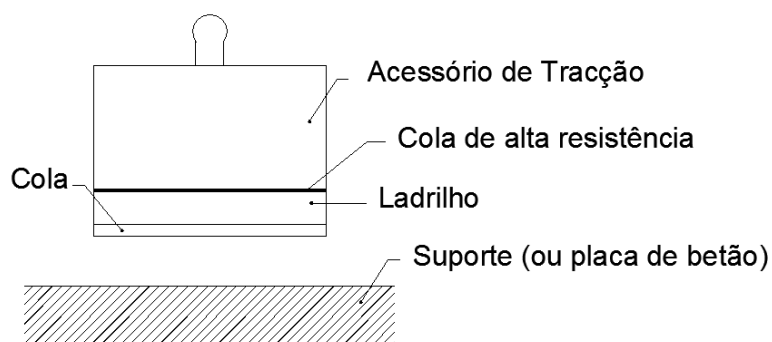


Figura 5.9 – Rotura adesiva entre a cola e o suporte (AF-S) [N2]

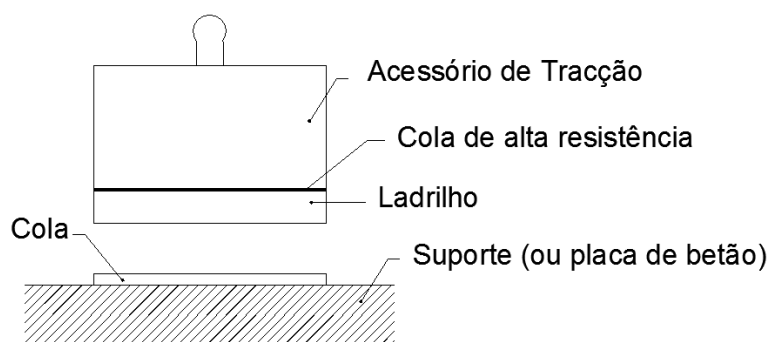


Figura 5.10 – Rotura adesiva entre o ladrilho e a cola (AF-T) [N2]

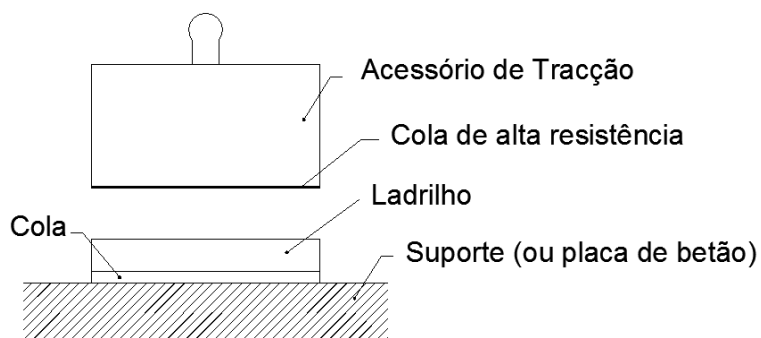


Figura 5.11 – Rotura adesiva entre o ladrilho e a peça de tração (BT) [N2]

Já a rotura coesiva segundo o Anexo A da norma *NP EN 12004* [N2], pode ser de três tipos: rotura coesiva na cola (CF-A, ver Figura 5.12), rotura coesiva no suporte (CF-S, ver Figura 5.13), rotura coesiva no ladrilho (CF-T, ver Figura 5.14). Nestes últimos dois casos a tensão de aderência da cola é superior ao valor de ensaio.

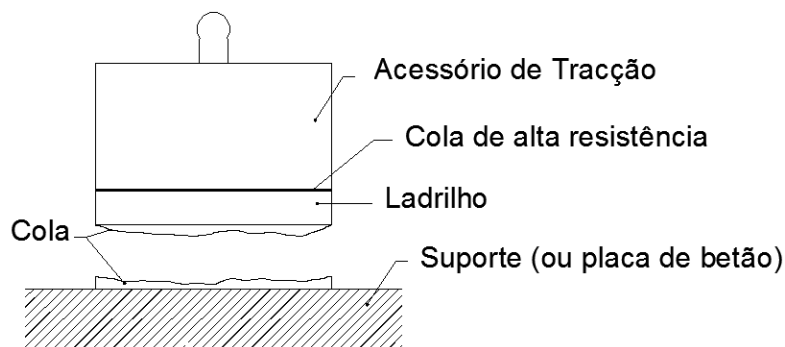


Figura 5.12 – Rotura coesiva na cola (CF-A) [N2]

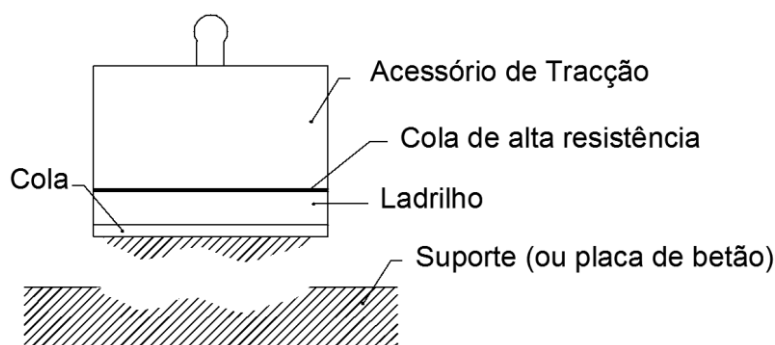


Figura 5.13 – Rotura coesiva no suporte (CF-S) [N2]

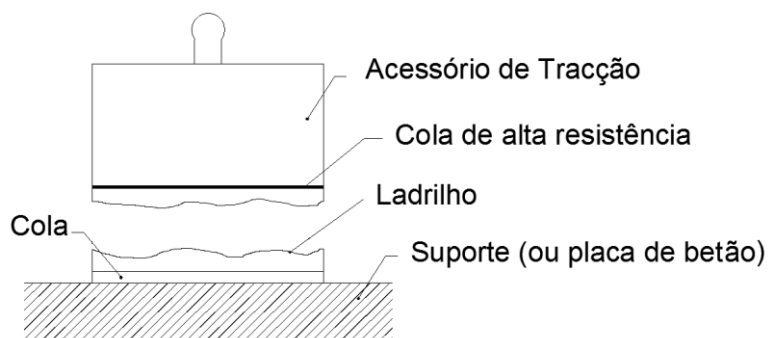


Figura 5.14 – Rotura coesiva no ladrilho (CF-T) [N2]

5.4. Tempo de abertura

O ensaio para a determinação do tempo de abertura é realizado segundo a método especificado na norma europeia *EN 1346:2007 – Adhesives for tiles: Determination of open time* [N34]. Sendo o tempo aberto uma característica essencial para todos os produtos de colagem, permitindo determinar o intervalo de tempo entre a aplicação do produto e o momento que deixa de ser eficaz. Este método de ensaio torna-se relevante para todo o tipo de colas, quer sejam, cimentos-cola (C), colas em dispersão aquosa (D) ou colas de resinas de reacção (R).

Segundo esta norma os revestimentos cerâmicos utilizados neste ensaio devem pertencer ao grupo BIII, descritos na norma *NP EN 14411* [N1], com uma capacidade de absorção de água superior a 10 % possuindo a sua superfície vidrada, ou seja, ladrilhos vidrados, devendo ter uma espessura entre os 7 mm e 10 mm, cortados em dimensões de (50 ± 1) mm \times (50 ± 1) mm, respectivamente. Na determinação do tempo aberto, a norma europeia *EN 1346* [N34], exige a

utilização de placas de betão com as características definidas na norma europeia *EN 1323* [N31] (5.3.1.2.).

Conforme as suas características fundamentais e características opcionais dos três grupos de colas, estes exigem requisitos mínimos para estarem em conformidade segundo a norma normalizada *NP EN 12004* [N2], detalhados no Quadro 5.3, 5.4 e 5.5 no subcapítulo 5.2.

O método de ensaio descrito em seguida é realizado com os mesmos aparelhos utilizados nos métodos de ensaios para a determinação da tensão de aderência dos cimentos-cola em 5.3.

5.4.1. Procedimento

Antes de se proceder ao respectivo ensaio é necessário misturar a cola e condicionar os materiais, assegurando certas condições de ensaio. Essa mistura e condicionamento é realizada da mesma forma que no ensaio da determinação da tensão de aderência dos cimentos-cola descrito em 5.3.1.1.

Em seguida, depois de efectuada a mistura da cola a ensaiar aplica-se uma fina camada de mistura de cola a uma placa de betão, preparada segundo a *EN 1323* [N31], seca e isenta de partículas soltas e manchas que pudessem prejudicar a adesão ao suporte, com o auxílio de uma talocha de bordo liso. De seguida, seguindo as prescrições do ponto 8 da norma europeia *EN 1346* [N34], aplica-se outra camada mais espessa com uma talocha denteada.

Após 5 min, 10 min, 20 min e 30 min (ver Figura 5.15) aplica-se os ladrilhos cerâmicos do tipo referido em 5.4., sobre a cola, distanciados a uma distância de 50 mm entre cada ladrilho. Seguidamente são carregados, cada ladrilho, com uma massa capaz de exercer uma força de $(20 \pm 0,05)$ N durante 30 segundos, armazenando os respectivos provetes durante 27 dias em condições normais, ou seja, a temperatura ambiente deve encontrar-se a (23 ± 2) °C e a humidade relativa deve ser de (50 ± 5) % com uma velocidade do ar na área de trabalho inferior a 0,2 m/s.

Depois desse período, os provetes são ligados a placas metálicas com um encaixe adequado para a máquina de tracção por uma cola de alta resistência, sendo de seguida armazenado durante 24 horas sob as mesmas condições referidas anteriormente. Por fim, após esse período determina-se a força de aderência, efectuando o ensaio de “pull off”, aplicando uma força constante de (250 ± 50) N/s, tal como no ensaio da determinação da tensão de aderência à tracção.



Figura 5.15 – Exemplo de provete para o ensaio da determinação do tempo aberto [L7]

5.4.2. Cálculo e expressão dos resultados

Segundo a *EN 1346* [N34], a tensão individual à tracção é determinada pela mesma forma e pela mesma equação do método de ensaio anterior (5.3.2.).

O tempo aberto é expresso em minutos e corresponde ao intervalo de tempo máximo em que a cola cumpre o requisito de tensão de aderência definido na norma *NP EN 12004* [N2], descrito nos Quadros 5.3, 5.4 e 5.5 do subcapítulo 5.2., sendo que esse requisito difere do tipo de cola e do tipo de característica a ensaiar.

5.5. Deformação transversal de cimentos-cola e de argamassas de juntas

A norma *NP EN 12004* [N2] prevê que os cimentos-cola com características especiais possam ser classificados, em termos de deformação transversa, em cimentos-cola “deformável” e “altamente deformável” quando apresentam, respectivamente, valores entre 2,5-5 mm e superiores a 5 mm (ver Quadro 5.3).

O ensaio para a determinação da deformação transversal é apenas relevante em colas do tipo cimento-cola e em argamassas de juntas, para a instalação de ladrilhos cerâmicos no interior ou no exterior, em pavimentos e paredes. Os cimentos-cola (C) e as argamassas de juntas não possuem propriedades elásticas, como as colas em dispersão aquosa (D) e de resinas de reacção (R), tornando-se necessário o cálculo da sua deformação transversal. Este ensaio é realizado segundo o método especificado na *NP EN 12002:2007 – Colas para ladrilhos: Determinação da deformação transversa de cimentos-cola e de argamassas de juntas* [N35]. Consiste em medir a deformabilidade de cimentos-cola e de argamassas para juntas, quando sujeitas a flexão em três pontos, realizadas com provetes de dimensões declaradas segundo a norma.

O método de ensaio descrito em seguida é realizado com o auxílio de um batente, consistindo numa estrutura metálica em conformidade com as dimensões dos provetes (ver Figura 5.16); dois suportes metálicos cilíndricos (gabarito de ensaio, ver Figura 5.17); uma bitola (A), estrutura rectangular macia, rígida, não absorvente (ver Figura 5.18); uma bitola (B), para produzir provetes consistindo num molde macio, rígido, não absorvente (ver Figura 5.19); uma prensa capaz de aplicar o batente ao provete a uma velocidade de 2 mm/min (máquina de ensaio) e por fim uma mesa vibratória para a compactação do provete conforme a *EN 459-2* [N36]. Para efectuar este tipo de ensaio é necessário o uso de alguns materiais de ensaio, como o caso de um substrato, na forma de uma película de polietileno com espessura de 0,15 mm, um contentor plástico e um suporte rígido e macio, para a película de polietileno.

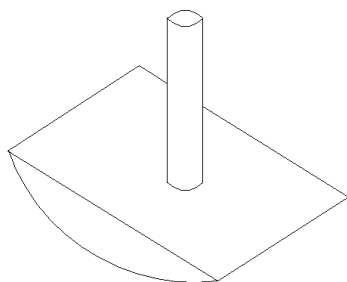


Figura 5.16 – Batente [N35]

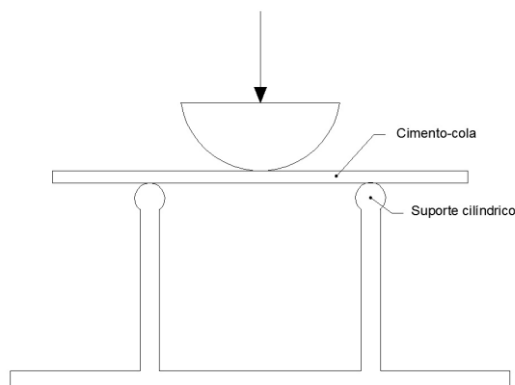


Figura 5.17 – Gabarito de ensaio [N35]

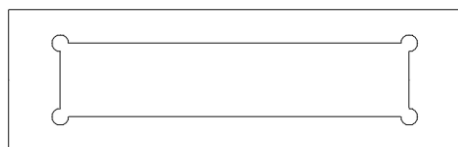


Figura 5.18 – Bitola A [N35]

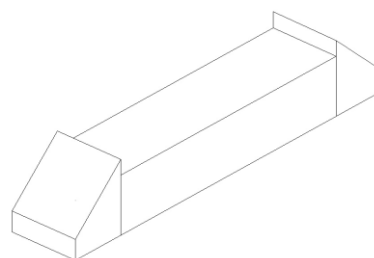


Figura 5.19 – Bitola B [N35]

Conforme as suas características especiais (característica opcional), os cimentos-cola (C) possuem requisitos mínimos para estarem em conformidade segundo a norma normalizada *NP EN 12004* [N2], detalhados no Quadro 5.3 no subcapítulo 5.2. Relativamente às argamassas de juntas, não existe qualquer requisito mínimo, servindo apenas como um método específico de ensaio, caso o fabricante pretenda fornecer mais algum tipo de informação.

5.5.1. Procedimento

5.5.1.1. Preparação do substrato e dos provetes de ensaio

Antes de se proceder ao respectivo ensaio é necessário misturar o cimento-cola ou a argamassa de junta, se for esse o caso, e condicionar os materiais, assegurando certas condições de ensaio. Essa mistura e condicionamento é realizado da mesma forma do ensaio da determinação da tensão de aderência dos cimentos-cola descrito em 5.3.1.1.

Após a preparação da mistura do cimento-cola ou argamassa de junta, procede-se à preparação do substrato, ao fixar firmemente uma película de polietileno com uma espessura mínima de 0,15 mm a um suporte rígido e macio, assegurando que a superfície sobre a qual o cimento-cola será aplicado, não será distorcida, isto é, não apresenta dobras nem vincos.

Para a preparação dos provetes de ensaio, deve-se aplicar firmemente a bitola A sobre a película de polietileno. De seguida, coloca-se cimento-cola suficiente sobre a bitola A, removendo o excesso de forma a encher completamente o furo da bitola. Seguidamente fixa-se o molde firmemente sobre a mesa vibratória e compacta-se a amostra aplicando 70 choques. Após os

choques, levanta-se o molde suavemente da mesa vibratória e remove-se a bitola A verticalmente, com cuidado e aplica-se uma camada de agente separador na bitola B, posicionando-a centrada sobre o provete. De seguida, carrega-se a bitola B com um peso capaz de exercer uma força de $(100 \pm 0,1)$ N e com uma secção recta aproximadamente de (290×45) mm. A pressão aplicada assegura que o material preenche completamente o recesso da bitola até à espessura requerida. Seguidamente remove-se todo o excesso de material de ambos os lados da bitola e aguarda-se uma hora para retirar o peso. Após 48 horas remove-se a bitola B e coloca-se imediatamente os provetes horizontalmente dentro do contentor de plástico, selando as entradas de ar, condicionando os provetes de ensaio a uma temperatura de (23 ± 2) °C.

Após 12 dias retiram-se os provetes do contentor plástico e condicionam-se durante mais 14 dias ao ar em condições normalizadas, ou seja, temperatura do ar a (23 ± 2) °C e (50 ± 5) % de humidade relativa com uma velocidade do ar na área de trabalho inferior a 0,2 m/s.



Figura 5.20 – Ilustração relativa ao método de ensaio para a deformação transversal



Figura 5.21 – Bitola A e B para produção de provetes

5.5.1.2. Deformação transversal

Depois de completado o condicionamento, removem-se os provetes da película de polietileno e mede-se a sua espessura, com o auxílio de um paquímetro de exactidão 0,01 mm, em três posições, isto é, no meio e a (50 ± 1) mm de cada topo. Se os três valores resultarem dentro da tolerância requerida de $(3,0 \pm 0,1)$ mm, calcula-se o valor médio, rejeitando qualquer provete que apresente uma espessura diferente da espessura admissível. As amostras devem ser planas quando colocadas sobre uma superfície plana.

De seguida, coloca-se o provete no gabarito de ensaio e mede-se a deformação. Seguidamente deforma-se com uma carga transversa aplicada com o batente a uma velocidade de 2 mm/min até à ocorrência de fissuras, na superfície inferior do provete. Posteriormente regista-se a deformação para o plano horizontal, em mm. Quando não ocorrem fendas, regista-se a força máxima e a respectiva deformação. A deformação transversa é determinada com aproximação a 0,1 mm, por cálculo do valor médio das deformações obtidas no ensaio.

Os cimentos-cola classificam-se em duas classes, consoantes os valores medidos da deformação transversa, designadamente pelas seguintes abreviaturas:

- S1** – colas deformáveis com uma deformação transversa $\geq 2,5$ mm e < 5 mm;
- S2** – colas altamente deformáveis com uma deformação transversa ≥ 5 mm.

5.6. Tensão de corte para colas em dispersão aquosa (D)

Tal como nos cimentos-cola, tendo em conta que existem vários factores e mecanismos que revertem para uma degradação e envelhecimento do sistema de revestimento cerâmico colado, são considerados pela norma *NP EN 12004* [N2], vários tipos de ensaios com características diferentes para avaliar a adesão das colas em dispersão aquosa aos revestimentos cerâmicos em circunstâncias diferentes.

Os ensaios para a determinação da tensão de corte para colas em dispersão aquosa (D) são realizados segundo os métodos especificados na *EN 1324:2007 – Adhesives for tiles: Determination of shear adhesion strength of dispersion adhesives* [N37]. Estes ensaios consistem essencialmente, na determinação da força de corte máxima que é necessária aplicar numa área de revestimento cerâmico.

Segundo esta norma os revestimentos cerâmicos utilizados nestes ensaios devem pertencer ao grupo BIII descritos na norma *NP EN 14411* [N1], com uma capacidade de absorção de água superior a 10 % e possuindo a sua superfície vidrada. Os ladrilhos cerâmicos devem ser cortados, para se obter as dimensões respectivas de (108 ± 1) mm \times (108 ± 1) mm conforme a norma.

Dependendo das suas características fundamentais e das suas características opcionais (características adicionais), as colas em dispersão aquosa possuem requisitos mínimos para estarem em conformidade segundo a norma normalizada *NP EN 12004* [N2], detalhados no Quadro 5.4 no subcapítulo 5.2.

Os métodos de ensaio descritos em seguida são realizados com o auxílio de um modelo não absorvente com propriedades antiaderentes, como representado na Figura 5.22; espaçadores do tipo varetas; um peso, massa capaz de exercer uma força de $(70 \pm 0,15)$ N com uma área de secção transversal menor ou igual a 100 mm \times 100 mm; uma máquina de carregamento adequada para o ensaio com uma velocidade variável capaz de aplicar uma carga ao revestimento cerâmico através de um aparelho adequado que permita converter a carga de compressão ou de tracção exercida pela máquina de ensaio numa força (ver Figura 5.23); e finalmente uma estufa capaz de controlar a temperatura dentro de (70 ± 3) °C.

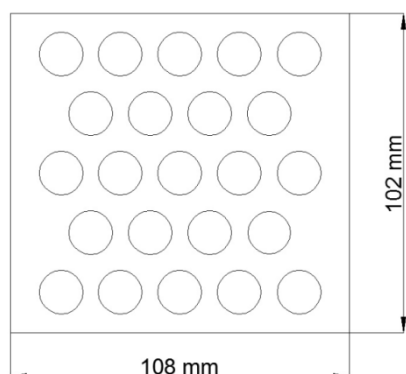


Figura 5.22 – Ilustração do modelo de ensaio [N37]

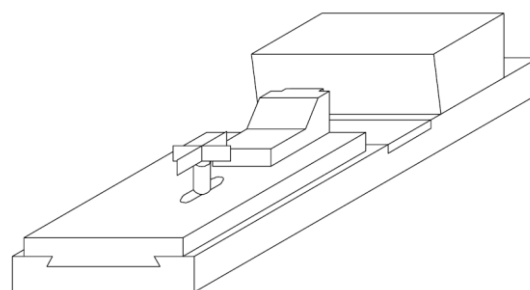


Figura 5.23 – Aparelho adequado que permite converter a carga numa força [N37]

5.6.1. Procedimento

5.6.1.1. Preparação dos provetes

Cada provete deve ser preparado com dois ladrilhos cerâmicos do tipo descrito em 5.6. Começa-se por desenhar uma linha recta no tardo de um ladrilho a 6 mm do bordo, para servir de guia para a sobreposição de outro ladrilho, conforme explicado de seguida. Seguidamente coloca-se o modelo, representado na Figura 5.22, sobre o tardo do ladrilho referido anteriormente, colocando a cola em dispersão aquosa, sobre o modelo com o auxílio de uma espátula, de modo a preencher todos os orifícios do modelo, removendo de seguida o modelo na vertical.

Após a remoção do modelo aplica-se os espaçadores (ver Figura 5.24) de 0,8 mm de espessura em cada canto do ladrilho, a 20 mm aproximadamente sobre o ladrilho. Após 2 min aplica-se o segundo ladrilho de ensaio sobre o ladrilho revestido, de tal maneira que a sua sobreposição tem uma diferença de 6 mm, utilizando a linha recta desenhada anteriormente, garantindo que os ladrilhos estejam paralelos entre si. De seguida, coloca-se o provete numa superfície plana e carrega-se com uma carga de $(70 \pm 0,15)$ N durante 3 min. Por fim, remove-se os espaçadores sem interferir com a posição dos ladrilhos. Segundo o ponto 7.1 da *EN 1324* [N37] para cada ensaio é necessário 10 provetes.

Legenda:

- 1 – Varetas de espaçamento
- 2 – Ladrilho cerâmico de ensaio
- 3 – Direcção da força
- 4 – Traço de lápis de orientação
- 5 – Cola

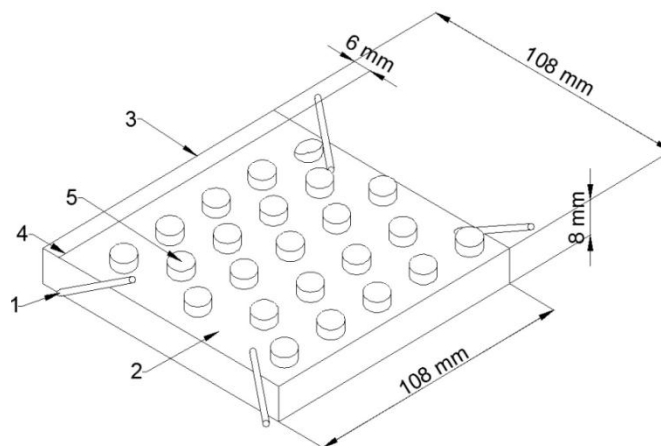


Figura 5.24 – Preparação dos provetes [N37]

5.6.1.2. Tensão inicial ao corte

Este ensaio é apenas relevante para colas em dispersão aquosa (D) como característica fundamental. Após a preparação dos provetes, os provetes de ensaio são armazenados durante 14 dias em condições normais, ou seja, a temperatura ambiente deve encontrar-se a (23 ± 2) °C e a humidade relativa deve ser de (50 ± 5) % com uma velocidade do ar na área de trabalho inferior a 0,2 m/s. Depois desse período de condicionamento, coloca-se os provetes num aparelho adequado (ver Figura 5.23) e aplica-se uma força, movendo o aparelho com uma velocidade de carga de 5 mm/min até ocorrer uma falha, registando os resultados em Newtons.



Figura 5.25 – Tensão inicial ao corte [L7]

5.6.1.3. Tensão de corte após imersão em água

Este ensaio destina-se apenas para colas em dispersão aquosa (D) com características adicionais, utilizadas em instalações internas sujeitas a condições de piso molhado. Após a preparação dos provetes, armazena-se os respectivos provetes de ensaio durante 7 dias em condições normais, ou seja, a temperatura ambiente deve encontrar-se a $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ e a humidade relativa deve ser de $(50 \pm 5) \%$ com uma velocidade do ar na área de trabalho inferior a 0,2 m/s. Logo após esse período de condicionamento, coloca-se os provetes imersos em água à temperatura ambiente durante mais 7 dias. Findo esse tempo, remove-se e limpa-se com um pano seco os respectivos provetes e testa-se conforme descrito em 5.6.1.2. Os resultados são descritos em Newtons.

5.6.1.4. Tensão de corte após acção do calor

Este ensaio destina-se a colas em dispersão aquosa (D), representando uma das características fundamentais. Após a preparação dos provetes, armazena-se os respectivos provetes durante 14 dias em condições normais, ou seja, a temperatura ambiente deve encontrar-se a $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ e a humidade relativa deve ser de $(50 \pm 5) \%$ com uma velocidade do ar na área de trabalho inferior a 0,2 m/s. Logo após esse período de condicionamento, coloca-se os provetes numa estufa a uma temperatura de $(70 \pm 3) ^\circ\text{C}$ durante mais 14 dias. De seguida, condiciona-se de novo os provetes durante mais 24 h nas mesmas condições referidas anteriormente e testa-se conforme descrito em 5.6.1.2. Os resultados são descritos em Newtons.

5.6.1.5. Tensão de corte a alta temperatura

Este ensaio é apenas relevante para colas em dispersão aquosa (D) que possuam esta mesma característica adicional. Para este método de ensaio utiliza-se o mesmo procedimento em 5.6.1.4. mas testa-se a aderência após 1 min quando os provetes são removidos da estufa. Os resultados são descritos em Newtons.

5.6.2. Cálculo e expressão dos resultados

Segundo a norma europeia *EN 1324* [N37], para o cálculo e expressão dos resultados é necessário dividir os valores individuais em Newtons pela área convencional ($5\,508\text{ mm}^2$) de contacto com a cola em dispersão aquosa (D). A força de corte é determinada da seguinte forma:

- Determinar a média de dez valores;
- Descartar os valores que estejam fora de um intervalo de $\pm 20\%$ do valor médio;
- Se cinco ou mais de cinco valores permanecerem, determinar o valor médio novo;
- Se menos de cinco valores permanecerem, deve-se repetir o ensaio.

5.7. Deslizamento

O ensaio para a determinação do deslizamento é realizado segundo o método especificado na norma europeia *EN 1308:2007 – Adhesives for tiles: Determination of slip* [N38]. O deslizamento faz parte das características especiais dentro das características opcionais, para todo o tipo de colas, quer sejam, cimentos cola (C), colas do tipo em dispersão aquosa (D) e colas de resinas de reacção (R). Este ensaio permite verificar se a cola cumpre o requisito ao deslizamento de um revestimento cerâmico aplicado por um destes tipos de colas a um suporte vertical.

Este método de ensaio torna-se relevante para todo o tipo de revestimentos cerâmicos aplicados em paredes internas ou externas por este tipo de colas. Segundo esta norma os revestimentos cerâmicos utilizados neste ensaio devem pertencer ao grupo BI_a , descritos na *NP EN 14411* [N1], com uma capacidade de absorção de água inferior ou igual a $0,5\%$ possuindo a sua superfície não vidrada, cortados em dimensões definidas pela norma. Na determinação do deslizamento, a norma europeia *EN 1308* [N38], exige a utilização de placas de betão que servem de suporte aos ladrilhos cerâmicos com as características definidas pela norma europeia *EN 1323* [N31] (ver 5.3.1.2.). A norma *NP EN 12004* [N2] prevê que os cimentos cola, colas em dispersão aquosa e colas de resinas de reacção possam ser classificadas, em termos de deslizamento, em colas com “deslizamento reduzido” quando apresentam, respectivamente, valores inferiores ou iguais a $0,5\text{ mm}$ no ensaio ao deslizamento (ver Quadro 5.3 a 5.5).

O método de ensaio descrito em seguida é realizado com o auxílio dos respectivos aparelhos e utensílios: régua metálica; grampos; fita adesiva com 25 mm de largura; espátula denteada; espaçadores; um peso que permita exercer uma força de $(50 \pm 0,1)\text{ N}$ com uma área transversal inferior a $(100 \pm 1)\text{ mm} \times (100 \pm 1)\text{ mm}$ e um paquímetro.



Figura 5.26 – Exemplo esquemático de um provete para ensaio ao deslizamento

5.7.1. Procedimento

Antes de se proceder ao respectivo ensaio é necessário preparar a mistura da cola a ensaiar e condicionar os materiais, assegurando certas condições de ensaio. Essa mistura e condicionamento é realizada da mesma forma que no ensaio da determinação da tensão de aderência dos cimentos-cola descrito em 5.3.1.1.

Após efectuada essa mistura coloca-se os grampos na régua metálica no topo da placa de betão de modo que o bordo inferior fique na horizontal quando a placa é levantada até à posição vertical. Seguidamente coloca-se uma fita adesiva imediatamente abaixo da régua metálica e aplica-se uma fina camada de cola já misturada, à placa de betão com o auxílio de uma espátula. De seguida, aplica-se uma camada mais espessa de cola à placa de betão de modo que sobreponha-se apenas ao bordo inferior da fita adesiva, com o auxílio de uma espátula denteada.

Depois da aplicação da cola, remove-se a fita adesiva e coloca-se espaçadores de 25 mm sobre a régua metálica e aguarda-se 2 min. Findo esse período coloca-se os ladrilhos cerâmicos do tipo descrito em 5.7., sobre os espaçadores como mostra a Figura 5.27, e carrega-se de seguida com uma massa de $(50 \pm 0,1)$ N, o respectivo ladrilho. Mede-se a distância entre a régua metálica e o ladrilho cerâmico, em três pontos, com o auxílio de um paquímetro, com aproximação de $\pm 0,1$ mm. Após (30 ± 5) segundos remove-se a massa e os espaçadores e cuidadosamente levanta-se a placa de betão para uma posição vertical. Aguarda-se (20 ± 2) min e mede-se de novo a diferença nos mesmos três pontos medidos anteriormente.

O deslizamento máximo do ladrilho sob a sua própria massa é a diferença entre as duas leituras. Segundo a *EN 1308* [N38], realiza-se este ensaio para três ladrilhos para cada cola a ensaiar, sendo que os resultados devem vir em milímetros, tal como o seu valor médio.

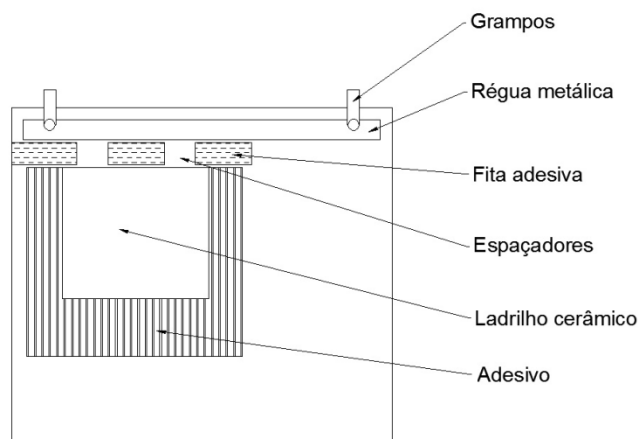


Figura 5.27 – Ensaio ao deslizamento [N38]

5.8. Resistência ao corte de colas de resinas de reacção (R)

Tal como nos cimentos-cola, tendo em conta que existem vários factores e mecanismos que revertem para uma degradação e envelhecimento do sistema de revestimento cerâmico colado, são considerados pela norma *NP EN 12004* [N2], vários tipos de ensaios com características diferentes para avaliar a adesão das colas de resinas de reacção (R) aos revestimentos cerâmicos em circunstâncias diferentes. Esses ensaios são realizados segundo os métodos especificados na norma normalizada *NP EN 12003:2007 – Colas para ladrilhos: Determinação da resistência ao corte de colas de resinas de reacção* [N39].

Segundo esta mesma norma, os revestimentos cerâmicos utilizados nestes ensaios devem pertencer ao grupo BI_a descrito na norma *NP EN 14411* [N1], com uma capacidade de absorção igual ou inferior a 0,5 %, possuindo a superfície não vidrada, cortados com as dimensões faciais de $(100 \pm 1) \text{ mm} \times (100 \pm 1) \text{ mm}$.

Conforme as suas características fundamentais e a sua característica opcional (característica adicional), as colas de resinas de reacção possuem requisitos mínimos para estarem em conformidade segundo a norma normalizada *NP EN 12004* [N2], detalhados no Quadro 5.5 no subcapítulo 5.2.

O método de ensaio descrito em seguida é realizado com o auxílio dos respectivos aparelhos e utensílios: bitola, em conformidade com as dimensões apresentadas na norma; varetas de espaçamento com um diâmetro e um comprimento adequado conforme a norma *EN 12003* [N39] (espaçadores); um peso de secção recta capaz de exercer uma força de $(70 \pm 0,15) \text{ N}$; uma máquina de ensaio com capacidade e sensibilidade adequadas para o ensaio e com velocidade de ensaio variável; e por fim um gabarito para o ensaio ao corte (ver Figura 5.23).

Legenda:

- 1 – Varetas de espaçamento
- 2 – Ladrilho cerâmico de ensaio
- 3 – Direcção da força
- 4 – Traço de lápis de orientação

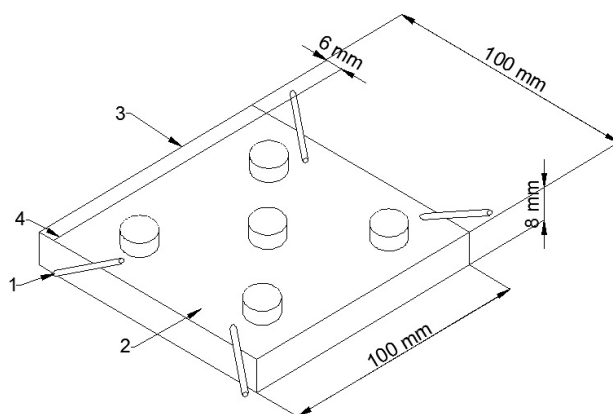


Figura 5.28 – Ladrilho com a cola aplicada e as varetas de espaçamento [N39]

5.8.1. Procedimento

5.8.1.1. Preparação dos provetes

Antes de se iniciar a preparação dos provetes, deve-se misturar a cola de acordo com as instruções do fabricante. Após a mistura da cola, inicia-se a preparação dos provetes com ladrilhos cerâmicos do tipo referido em 5.8. Desenha-se sobre o ladrilho uma linha recta a 6 mm do bordo, para servir de orientação na sobreposição dos ladrilhos conforme explicado adiante.

De seguida coloca-se a bitola sobre o tardo do ladrilho padrão de ensaio. Com o auxílio de uma espátula coloca-se cola suficiente sobre a bitola de forma a encher completamente os orifícios da bitola, removendo de seguida cuidadosamente a bitola na vertical. Após a remoção da bitola, coloca-se as varetas de espaçamento de 0,8 mm de espessura em cada canto do ladrilho, apoiando aproximadamente 20 mm sobre o provete.

Passados 2 min coloca-se um segundo ladrilho padrão de ensaio sobre o ladrilho revestido, recuado de forma a resultar num recobrimento entre os ladrilhos de 6 mm, usando a linha previamente desenhada como orientação e assegurando que os lados ficam paralelos. Coloca-se os provetes sobre uma superfície plana e aplica-se cuidadosamente a carga ($70 \pm 0,15$) N durante 3 min.

Seguidamente remove-se cuidadosamente as varetas de espaçamento, sem alterar a posição relativa dos ladrilhos nos provetes e condiciona-se os provetes nas condições normalizadas de ensaio, ou seja, a temperatura deve ser (23 ± 2) °C e (50 ± 5) % de humidade relativa com uma velocidade do ar na área de trabalho inferior a 0,2 m/s, durante 7 dias. De acordo com a norma é necessário dez provetes para cada tipo de ensaio.

5.8.1.2. Resistência inicial ao corte

Este ensaio é apenas relevante para colas de resinas de reacção (R) como característica fundamental. Para determinar a tensão de aderência inicial ao corte, deve-se colocar os provetes, já preparados conforme 5.8.1.1., no gabarito de ensaio ao corte e aplicar uma força de corte movimentando a cruzeta a uma velocidade de 5 mm/min até que ocorra ruptura. De seguida regista-

se os resultados em Newton, verificando se os valores cumprem os requisitos mínimos da norma *NP EN 12004* [N2] (ver Quadro 5.5).

5.8.1.3. Resistência do corte após imersão em água

Este ensaio é apenas relevante para colas de resinas de reacção (R) como característica fundamental. Para se determinar a tensão de aderência após imersão em água, deve-se imergir os provetes, já preparados conforme 5.8.1.1., em água a $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ durante 21 dias. Após esse período, remove-se os provetes e seca-se com um pano seco. De seguida, ensaia-se os provetes tal como descrito em 5.8.1.2., registando os resultados em Newton, de forma a verificar se os valores cumprem os requisitos mínimos da norma *NP EN 12004* [N2] (ver Quadro 5.5).

5.8.1.4. Resistência do corte após choque térmico

Para determinar a característica adicional de tensão de aderência ao corte após choque térmico, coloca-se os provetes, já preparados conforme 5.8.1.1., dentro de água mantida a $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ durante 30 min e depois dentro de água a $100 ^\circ\text{C}$ durante mais 30 min. Repete-se o ciclo num total de quatro vezes e em seguida coloca-se os provetes novamente dentro de água a $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ durante aproximadamente 30 min em arrefecimento. Remove-se cada provete da água e ensaia-se tal como descrito em 5.8.1.2., registando os resultados em Newton, de forma a verificar se os valores cumprem os requisitos mínimos da norma *NP EN 12004* [N2] (ver Quadro 5.5).



Figura 5.29 – Ensaio da aderência após choque térmico [L7]

5.8.2. Cálculo e expressão dos resultados

Segundo a norma *NP EN 12003* [N39], divide-se os resultados individuais, em N, pela área convencional (1660 mm^2) de contacto da cola e determina-se a resistência ao corte da seguinte forma:

- Determinar a média de dez valores;
- Rejeitar os valores que fiquem fora da gama $\pm 20 \%$ do valor médio;

- Se restarem cinco ou mais valores, determinar o novo valor médio;
- Se restarem menos de cinco valores, repetir o ensaio.

5.9. Poder molhante

O ensaio para a determinação do poder molhante³⁷ é realizada segundo o método especificado na norma europeia *EN 1347:2007 – Adhesives for tiles: Determination of wetting capability* [N27]. Através deste ensaio é possível retirar a característica de poder molhante de cada cola, sendo que, segundo a norma *NP EN 12004* [N2], não há valores limite para esta característica, mas o produtor pode declarar os valores a fim de disponibilizar mais informações.

Na determinação do poder molhante dos produtos de colagem dos ladrilhos cerâmicos, a norma europeia *EN 1347* [N27], exige a utilização de placas de betão com as características definidas na norma europeia *EN 1323* [N31] (ver 5.3.1.2.).

O método de ensaio descrito em seguida é realizado com o auxílio dos respectivos utensílios: placas de vidro, com dimensões predefinidas de (100 ± 1) mm \times (100 ± 1) mm \times $(6 \pm 0,5)$ mm; uma massa, capaz de exercer uma força de $(50 \pm 0,5)$ N com uma área de secção transversal menor que (100 ± 1) mm \times (100 ± 1) mm; e por fim uma espátula denteada e outra de bordo recto.

5.9.1. Procedimento

Antes de se proceder ao respectivo ensaio é necessário preparar a mistura da cola e condicionar os materiais, assegurando certas condições de ensaio. Essa mistura e condicionamento é realizada da mesma forma que no ensaio da determinação da tensão de aderência dos cimentos-cola descrito em 5.3.1.1.

Após a mistura, aplica-se uma camada fina de cola já misturada à placa de betão com o auxílio de uma espátula com bordo recto. Seguidamente aplica-se outra camada mais espessa com o auxílio de uma espátula denteada. De imediato, coloca-se as placas de vidro sobre a cola e, após 10 min, 20 min e 30 min, carrega-se cada placa de vidro com $(50 \pm 0,5)$ N durante 30 segundos. Devem ser tomadas precauções para alinhar paralelamente a cola com as placas de vidro.

Em seguida, determina-se a superfície de contacto entre a camada de cola e a placa de vidro em termos de percentagem da área total da placa de vidro, registando o poder molhante (%) para cada intervalo de tempo, utilizando por exemplo técnicas de planimetria.

De acordo com a norma, para cada ensaio é necessário três placas de vidro, sendo os resultados determinados em percentagem.

³⁷ Poder molhante – aptidão de uma camada de cola, fresca penteada para molhar o suporte ou material associado (por exemplo, ladrilhos) facilitando a aderência. O poder molhante é medido segundo a *EN 1347* [N2].

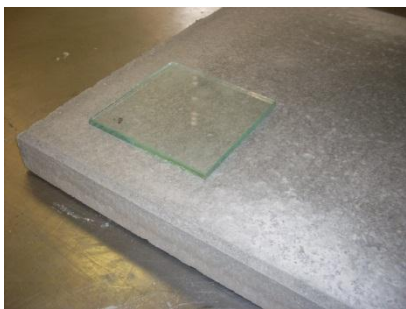


Figura 5.30 – Exemplo esquemático da placa de vidro e de betão



Figura 5.31 – Poder molhante [L3]

5.10. Resistência química de argamassas de resinas de reacção

Segundo a *NP EN 12004* [N2], no que se refere à característica de resistência química, não há indicação de valor limite nem de qualquer produto químico para colas e argamassas de juntas de resinas de reacção, tratando-se de um ensaio não obrigatório. Os meios de ensaio devem ser aqueles a que estarão expostos os materiais resistentes aos produtos químicos quando aplicados em serviço e as condições de ensaio (temperatura, concentração, etc.) devem simular tão exactamente quanto possível as condições previstas de serviço e de exposição.

A fim de garantir esta característica, determina-se a resistência química de colas e argamassas de resinas de reacção através do método especificado na norma *NP EN 12808-1:2007 – Colas e argamassas de juntas para ladrilhos: Determinação da resistência química de argamassas de resinas de reacção* [N28].

O método de ensaio descrito em seguida é realizado com o auxílio dos respectivos aparelhos e utensílios: molde cilíndrico, de forma que possibilite a formação do provete pretendido com as características mencionadas na norma *NP EN 12808-1* [N28]; contentores com as devidas características mencionadas na norma; máquina de compressão com capacidade e sensibilidade adequada para o ensaio; e por fim agente(s) químico(s), devendo ser o meio ao qual os materiais quimicamente resistentes estarão expostos quando em serviço.

5.10.1. Procedimento

5.10.1.1. Preparação dos provetes

Os provetes devem ser cilíndricos rectos moldados, com (25 ± 1) mm de diâmetro por (25 ± 1) mm de altura, com faces lisas normais ao eixo do cilindro. Para a sua preparação é necessário misturar os componentes na proporção especificada nas instruções do fabricante. A mistura é feita utilizando uma ferramenta manual adequada ou uma máquina misturadora, garantindo que todos os ingredientes são cuidadosa e uniformemente misturados.

Após a mistura da cola ou da argamassa, se for esse o caso, coloca-se o produto no molde com o auxílio de uma espátula, tendo o cuidado de encher totalmente a cavidade do molde sem deixar bolhas de ar. De seguida, remove-se o excesso de material, de forma que a face exposta fique

tão lisa quanto possível, deixando o material no molde até endurecer o suficiente para que possa ser removido sem risco de deformação.

5.10.1.2. Resistência química

Após a preparação dos provetes, estes são condicionados durante 7 dias em condições normalizadas, ou seja, a temperatura deve ser de $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ e humidade relativa $(50 \pm 5) \%$ com circulação de ar inferior a 0,2 m/s na área de ensaio, incluindo-se nos 7 dias o tempo de mistura no molde.

Imediatamente a seguir ao período de condicionamento mede-se com o auxílio de um micrómetro, o diâmetro de todos os provetes arredondado a 0,03 mm. Faz-se duas medições desfasadas de 90° , uma da outra e regista-se o diâmetro como a média das duas medições.

Depois da medição do diâmetro, pesa-se todos os provetes com arredondamento a 0,001 g numa balança analítica e regista-se os valores. Antes da imersão regista-se uma descrição breve da cor e do aspecto superficial do provete e da cor e transparência do meio de ensaio.

Na imersão coloca-se os provetes pesados sobre os seus lados curvos dentro do contentor tendo o cuidado de evitar que as faces dos cilindros contactem entre si. O número total de provetes por contentor apenas é limitado pela capacidade do contentor para os receber e a quantidade de meio de ensaio necessária por cada provete. Seguidamente coloca-se (100 ± 5) ml do agente químico por cada provete e coloca-se o contentor fechado numa estufa a temperatura constante regulada para a temperatura pretendida ou num banho líquido adequado e regulado para simular as condições reais de serviço e de exposição tão aproximadamente quanto possível. Deve-se substituir os agentes que sejam instáveis, tantas vezes quantas as necessárias, de forma a manter a composição química e concentração originais, durante os intervalos planeados.

Para determinar o ataque químico, retira-se os provetes após 28 dias de imersão. Se necessário, utiliza-se outros períodos de exposição.

Por fim limpa-se o provete com três lavagens rápidas em água fria corrente e seca-se rapidamente por absorção com uma toalha de papel após cada lavagem. Depois da última secagem deixa-se o provete secar durante 30min, deitado sobre a superfície curva, pesando seguidamente com arredondamento a 0,001 g e medindo o diâmetro do provete tal como descrito anteriormente. Deve-se anotar qualquer indício de ataque químico superficial no provete.

De seguida, determina-se a resistência à compressão num conjunto de provetes:

- Imediatamente após o período de condicionamento,
- Depois do período de exposição para cada agente químico e cada temperatura,
- Após envelhecimento ao ar no período total de ensaio a cada temperatura.

O tempo decorrido entre a remoção do provete do meio de ensaio e o ensaio de compressão deverá ser uniforme para todos os provetes. Coloca-se cada provete na máquina de ensaio com as faces planas do cilindro em contacto com a superfície de ferramenta de compressão, aplicando a

carga ao provete com um movimento cruzeta de $(5,5 \pm 0,5)$ mm/min. Por fim, leva-se o provete à ruptura e regista-se a carga máxima.

5.10.2. Cálculo e expressão dos resultados

5.10.2.1. Variação da altura

Segundo a norma, a variação da altura é calculada com arredondamento a 0,01 % a percentagem de perda ou aumento de peso do provete durante a exposição, da seguinte forma:

$$\Delta W = [(W - C)/C] \times 100$$

Determina-se a média dos três valores ou mais. Um resultado apresentando o sinal mais (+) deve significar um aumento de peso e um sinal menos (-) deve significar uma perda de peso.

5.10.2.2. Variação do diâmetro

De acordo com a norma, a variação do diâmetro é calculada com arredondamento de 0,01 % a percentagem de variação do diâmetro do provete durante a exposição, considerando como 100 % o diâmetro medido depois de 7 dias de condicionamento. A variação de diâmetro é dada por:

$$\Delta D = [(D_2 - D_1)/D_1] \times 100$$

Determina-se a média de três valores ou mais. Um resultado apresentando o sinal mais (+) deve indicar um aumento de diâmetro e um sinal menos (-) deve indicar uma redução de diâmetro.

5.10.2.3. Variação do valor da resistência à compressão

Segundo a norma, a variação do valor da resistência à compressão é calculada com arredondamento de 0,01 % a percentagem de diminuição ou de aumento da resistência à compressão do provete durante a exposição, considerando como 100 % a resistência à compressão medida depois de 7 dias de condicionamento em condições normalizadas. Calcula-se a área de secção recta do provete com o valor do diâmetro determinado anteriormente. A variação da resistência à compressão é dada por:

$$\Delta S = [(S_2 - S_1)/S_1] \times 100$$

Um resultado apresentando o sinal mais (+) deve indicar um aumento de resistência à compressão e um sinal menos (-) deve indicar uma redução.

5.11. Resistência à abrasão de argamassas de juntas

O ensaio para a determinação da resistência à abrasão de argamassas de juntas para ladrilhos cerâmicos é realizada segundo o método especificado na *NP EN 12808-2:2007 – Argamassas de juntas para ladrilhos. Parte 2: Determinação da resistência à abrasão* [N40]. Este método de ensaio consiste em determinar a resistência à abrasão, ou seja, a resistência ao desgaste da superfície de uma argamassa endurecida, por acção mecânica de um disco rotativo. Esta norma aplica-se a todas as argamassas de juntas para aplicações de ladrilhos cerâmicos no interior e no exterior, em paredes e pavimentos. Conforme as suas características fundamentais e adicionais, as argamassas de juntas possuem requisitos mínimos para estarem em conformidade segundo a norma europeia *EN 13888* [N3], detalhados nos Quadros 5.8 e 5.9 no subcapítulo 5.2.2.

O método de ensaio descrito em seguida é realizado com o auxílio dos seguintes aparelhos e utensílios: equipamento de abrasão, consistindo essencialmente num disco rotativo, numa tremonha de armazenagem, num suporte do provete e num contrapeso em conformidade com a *NP EN ISO 10545-6* [N10] (ver Figura 5.32); material abrasivo de óxido de alumínio branco fundido; dispositivo de medição com uma exactidão de 0,1 mm; e por fim uma estrutura rígida, quadrada, macia e não absorvente com as dimensões referidas na norma *NP EN 12808-2* [N40].

Legenda:

- 1 – Grampo de posicionamento dos provetes
- 2 – Parafuso de fixação
- 3 – Provete
- 4 – Válvula
- 5 – Tremonha de armazenagem do material abrasivo
- 6 – Funil de regularização de caudal
- 7 – Disco de aço
- 8 – Contrapeso

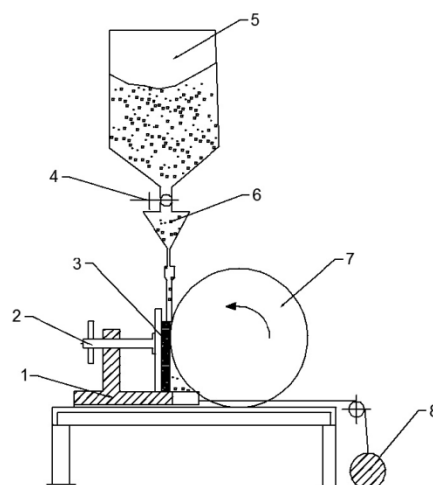


Figura 5.32 – Equipamento de abrasão [N40]

5.11.1. Procedimento

5.11.1.1. Preparação dos provetes

Antes de se proceder ao respectivo ensaio é necessário preparar a mistura da argamassa a ensaiar, e condicionar os materiais, assegurando certas condições de ensaio. Essa mistura e condicionamento é realizada da mesma forma que no ensaio da determinação da tensão de aderência dos cimentos-cola descrito em 5.3.1.1., tendo atenção que no final do procedimento da mistura de argamassa, deixa-se a argamassa curar, se e tal como especificado nas instruções do fabricante e em seguida mistura-se durante mais 15 segundos. No caso de argamassas de resinas de reacção deve-se seguir as instruções do fabricante.

Após a mistura da argamassa, coloca-se uma bitola (ver Figura 5.33) sobre uma película de polietileno. Espalha-se uma quantidade suficiente de argamassa sobre a bitola e retira-se o excesso de forma a encher completamente o orifício na bitola. Seguidamente coloca-se uma placa de vidro em conformidade com a *EN 196-1* [N33], de forma a cobrir a bitola. Aguarda-se 24 horas e de seguida remove-se cuidadosamente a bitola condicionando os provetes em conformidade com os requisitos de ensaio, ou seja, os provetes são condicionados durante 27 dias em condições normalizadas de $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ e $(50 \pm 5) \%$ de humidade relativa. De acordo com a *NP EN 12808-2* [N40], deve-se preparar dois provetes por cada amostra de argamassa.

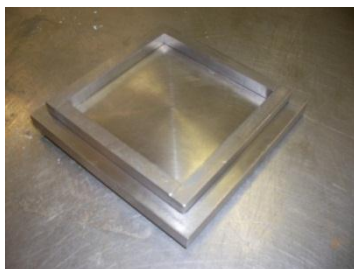


Figura 5.33 – Estrutura que vai receber o provete para a resistência à abrasão

5.11.1.2. Técnica

Após a preparação dos provetes, coloca-se um provete no aparelho (ver Figura 5.32), com a face espatulada contra a roda, assegurando um fornecimento uniforme de material abrasivo na zona de abrasão, numa relação de (100 ± 10) g por 100 rotações. De seguida, faz-se rodar o disco de aço. Após 50 revoluções remove-se o provete do aparelho e mede-se o comprimento da corda da incisão com o dispositivo de medição, registando o comprimento com um arredondamento de 0,5 mm. Deve-se ensaiar cada provete em pelo menos dois pontos da superfície espatulada.

5.11.2. Cálculo e expressão dos resultados

Segundo a norma *NP EN 12808-2* [N40], tal como nos ladrilhos cerâmicos a resistência à abrasão das argamassas de juntas é apresentada como sendo o volume V de material removido, em milímetros cúbicos. Sendo calculado com base no comprimento da corda da incisão por meio da expressão:

$$V = \left(\frac{\pi \times \alpha}{180} - \text{sen} \alpha \right) \times \left(\frac{h \times d^2}{8} \right) \quad (\text{mm}^3)$$

Com:

$$\text{sen} (\alpha/2) = L / d$$

5.12. Resistência à flexão e à compressão de argamassas de juntas

O ensaio para a determinação da resistência à flexão e à compressão de argamassas de juntas para ladrilhos cerâmicos é realizada segundo o método especificado na *NP EN 12808-3:2007 – Argamassas de juntas para ladrilhos. Parte 3: Determinação da resistência à flexão e à compressão* [N41]. Este método de ensaio consiste em determinar a resistência à compressão, ou seja, o valor de ruptura de uma argamassa, determinado através de aplicação de uma força de compressão em dois pontos opostos e a resistência à flexão, consistindo na tensão de ruptura de uma argamassa, determinada pela aplicação de uma força de flexão em três pontos. Esta norma aplica-se a todas as argamassas de juntas para ladrilhos cerâmicos em aplicações de ladrilhos no interior e no exterior em paredes e pavimentos. Tendo em conta que existem vários factores e mecanismos que revertem para uma degradação e envelhecimento do sistema de revestimento cerâmico colado, são considerados pela norma vários tipos de ensaios com características diferentes.

Conforme as suas características fundamentais e adicionais, as argamassas de juntas possuem requisitos mínimos para estarem em conformidade segundo a norma europeia *EN 13888* [N3] (ver Quadro 5.8 e 5.9).

O método de ensaio descrito em seguida é realizado com o auxílio dos seguintes aparelhos e utensílios: molde triplo, consistindo em três compartimentos horizontais que permitem preparar em simultâneo três provetes prismáticos com 40 mm x 40 mm x 160 mm; aparelho vibratório ou mesa vibratória utilizada na compactação do provete de argamassa, em conformidade com a secção 4.6 da *EN 196-1* [N33]; máquina de ensaio à flexão, capaz de aplicar a carga com capacidade e sensibilidade adequadas ao ensaio; e por fim uma máquina de ensaio à compressão, conforme com a secção 4.8 da *EN 196-1* [N33].

5.12.1. Procedimento

5.12.1.1. Preparação dos provetes

Antes de se proceder ao respectivo ensaio é necessário preparar a mistura da argamassa a ensaiar, e condicionar os materiais, assegurando certas condições de ensaio. Essa mistura e condicionamento é realizada da mesma forma que no ensaio da determinação da tensão de aderência dos cimentos-cola descrito em 5.3.1.1., tendo atenção que no final do procedimento da mistura de argamassa, deixa-se a argamassa curar, se e tal como especificado nas instruções do fabricante e em seguida mistura-se durante mais 15 segundos. No caso de argamassas de resinas de reacção deve-se seguir as instruções do fabricante.

Após a mistura da argamassa moldam-se os provetes, com o molde fixado firmemente na mesa vibratória. Seguidamente introduz-se a primeira de duas camadas de argamassa, utilizando uma pá adequada, em cada um dos compartimentos, directamente do balde de mistura. Espalha-se a camada uniformemente e em seguida compacta-se com 60 vibrações.

De seguida, introduz-se a segunda camada de argamassa, nivelando e compactando com mais 60 vibrações. Após a compactação da segunda camada, levanta-se o molde cuidadosamente da mesa vibratória, raspando o excesso de material e alisando a superfície com uma colher plana. Limpa-se a argamassa remanescente no perímetro do molde. Depois da limpeza, cobre-se o molde com uma placa de vidro em conformidade com a *EN 196-1* [N33] e coloca-se o molde, devidamente identificado, numa base horizontal em condições normalizadas, temperatura a $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ e (50 ± 5) % de humidade relativa. Após 24 horas, remove-se cuidadosamente o provete do molde, conservando o prisma desmoldado em condições normalizadas durante mais 27 dias, deixando um afastamento de pelo menos 25 mm em todos os lados. Segundo a *NP EN 12808-3* [N41], prepara-se três provetes para cada argamassa de junta a ensaiar.



Figura 5.34 – Molde triplo utilizado para a resistência à compressão e à flexão

5.12.1.2. Resistência à flexão em condições normalizadas

Este ensaio destina-se a todo o tipo de argamassas de juntas para ladrilhos cerâmicos, quer sejam argamassas de resinas de reacção (RG) ou argamassas de cimento (CG), correspondendo a uma característica fundamental.

Após a preparação dos provetes e de completado o condicionamento coloca-se o prisma na máquina de ensaio com uma das faces laterais sobre os rolos de suporte e com o eixo longitudinal perpendicular ao suporte. De seguida, aplica-se a carga verticalmente em conformidade com o procedimento descrito na secção 9.2 da *EN 196-1* [N33], conservando de seguida as metades do prisma em condições normalizadas até serem ensaiadas à compressão.

5.12.1.3. Resistência à compressão em condições normalizadas

Após o ensaio à resistência à flexão em condições normalizadas, ensaia-se as metades do prisma quebrado na flexão, com a máquina de ensaio à compressão conforme com a secção 4.8 da *EN 196-1* [N33] seguindo o procedimento descrito em 9.3 da *EN 196-1* [N33]. Tal como no ensaio anterior, este ensaio destina-se a todo o tipo de argamassas de juntas para ladrilhos cerâmicos, quer sejam argamassas de resinas de reacção (RG) ou argamassas de cimento (CG), correspondendo a uma característica fundamental.

5.12.1.4. Resistência à flexão e compressão após ciclos de gelo-degelo

Este ensaio destina-se a argamassas de juntas do tipo argamassa de cimento (CG) para ladrilhos cerâmicos, correspondendo a uma característica fundamental.

Após a preparação dos provetes, condiciona-se os provetes durante 6 dias em condições normalizadas, ou seja, temperatura ambiente de $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ e $(50 \pm 5) \%$ de humidade relativa, e de seguida, mergulha-se os provetes em água durante 21 dias antes de os submeter a 25 ciclos de gelo-degelo, em conformidade com o procedimento descrito na *EN 1348* [N30], 8.5. Para cada ciclo de gelo-degelo:

- Retirar os provetes da água e baixar a temperatura para $(-15 \pm 3) ^\circ\text{C}$ ao longo de $2 \text{ h} \pm 20 \text{ min}$;
- Manter os provetes a $(-15 \pm 3) ^\circ\text{C}$ ao longo de $2 \text{ h} \pm 20 \text{ min}$;
- Mergulhar em água a $(20 \pm 3) ^\circ\text{C}$ e aumentar a temperatura até $(15 \pm 3) ^\circ\text{C}$ ao longo de $2 \text{ h} \pm 20 \text{ min}$.

Repete-se o ciclo 25 vezes, condicionando os provetes durante três dias em condições normalizadas depois do último ciclo. Antes de ensaiar deve-se examinar os provetes, registando a descrição do aspecto da superfície de cada provete. Determina-se a resistência à flexão em conformidade com 5.12.1.2. e a resistência à compressão em conformidade com 5.12.1.3.



Figura 5.35 – Aparelho utilizado para a resistência à flexão



Figura 5.36 – Aparelho utilizado para a resistência à compressão

5.12.2. Cálculo e expressão dos resultados

5.12.2.1. Resistência à flexão

Segundo a norma, a resistência à flexão (R_f) é calculada pela seguinte fórmula:

$$R_f = \frac{1,5 F_f L}{b^3} \quad (\text{N/mm}^2)$$

Calcula-se a média das três determinações com um arredondamento a $0,1 \text{ N/mm}^2$.

5.12.2.2. Resistência à compressão

De acordo com a norma, a resistência à compressão (R_c) é calculada pela seguinte fórmula:

$$R_c = \frac{F_c}{1600} \quad (N/mm^2)$$

Calcula-se a média dos seis resultados com arredondamento de 0,1 N/mm².

Legenda:

- 1 – Rolamento de esferas
- 2 – Montagem deslizante
- 3 – Mola de retorno
- 4 – Apoio esférico da máquina
- 5 – Placa superior da máquina
- 6 – Apoio esférico do acessório
- 7 – Placa superior do acessório
- 8 – Provete
- 9 – Placa inferior
- 10 – Placa inferior do acessório
- 11 – Placa inferior da máquina

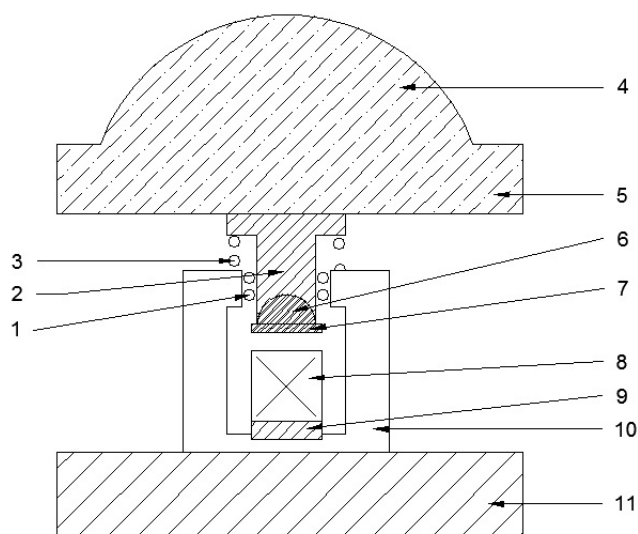


Figura 5.37 – Acessório típico para o ensaio de resistência à compressão [N41]

5.13. Retracção de argamassas de juntas

O ensaio para a determinação da retracção de argamassas de juntas para ladrilhos cerâmicos é realizada segundo o método especificado na *NP EN 12808-4:2007 – Argamassas de juntas para ladrilhos. Parte 4: Determinação da retracção* [N29]. Esta norma aplica-se a todas as argamassas de juntas, quer sejam argamassas de resinas de reacção (RG) ou argamassas de cimento (CG), correspondendo a uma característica fundamental para argamassas de juntas para ladrilhos cerâmicos em aplicações no interior e no exterior, em paredes e pavimentos. Conforme as suas características fundamentais, as argamassas de juntas possuem requisitos mínimos para estarem em conformidade segundo a norma europeia *EN 13888* [N3] (ver Quadro 5.8 e 5.9).

O método de ensaio descrito em seguida é realizado com o auxílio dos seguintes aparelhos e utensílios: molde triplo, consistindo em três compartimentos horizontais que permitam preparar os provetes prismáticos com 40 mm x 40 mm x 160 mm, com as superfícies polidas, feito de aço, em conformidade com a *EN 196-1* [N33]; seis estruturas intercalares macias, rígidas e não absorventes (por exemplo, em polietileno); aparelho vibratório ou mesa vibratória, utilizada na compactação do provete de argamassa, em conformidade com a secção 4.6 da *EN 196-1* [N33]; e por fim um

equipamento de medição e uma barra de calibração ou barra de referência a utilizar como comprimento padrão para controlo das leituras do comparador.

5.13.1. Procedimento

Tal como nos ensaios anteriores antes de se proceder ao respectivo ensaio é necessário preparar a mistura da argamassa a ensaiar, e condicionar os materiais, assegurando certas condições de ensaio. Essa mistura e condicionamento é realizada da mesma forma que no ensaio da determinação da tensão de aderência dos cimentos-cola descrito em 5.3.1.1., tendo atenção que no final do procedimento da mistura de argamassa, deixa-se a argamassa curar, se e tal como especificado nas instruções do fabricante e em seguida mistura-se durante mais 15 segundos. No caso de argamassas de resinas de reacção deve-se seguir as instruções do fabricante.

Após a mistura da argamassa procede-se à preparação dos provetes, ao inserir-se duas estruturas não absorventes nos lados de cada compartimento do molde, para reduzir a largura a 10 mm. Molda-se os provetes imediatamente após a preparação da argamassa, com o molde fixado firmemente na mesa vibratória. Tal como no ensaio anterior, introduz-se, utilizando uma pá adequada, a primeira de duas camadas de argamassa em cada um dos compartimentos, directamente do balde de mistura. Espalha-se a camada uniformemente e em seguida compacta-se com 60 vibrações. Introduce-se a segunda camada de argamassa, nivelando e compactando com mais 60 vibrações. Após a compactação da segunda camada de argamassa, levanta-se o molde cuidadosamente da mesa vibratória, raspando o excesso de material e alisando a superfície com uma colher plana. Limpa-se a argamassa remanescente no perímetro do molde.

Depois da limpeza do molde, coloca-se uma placa de vidro em conformidade com a *EN 196-1* [N33], de modo a cobrir o molde. De imediato coloca-se o molde, devidamente identificado, numa base horizontal em condições normalizadas, temperatura ambiente de $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ e $(50 \pm 5) \%$ de humidade relativa.

Após 24 horas remove-se cuidadosamente os provetes do molde e determina-se com o equipamento de medição o comprimento do provete (leitura inicial). De seguida conserva-se os prismas desmoldados em condições normalizadas durante 27 dias, deixando um afastamento de pelo menos 25 mm em todos os lados. Segundo a norma, deve-se preparar três provetes para cada tipo de argamassa a ensaiar. Por fim, mede-se cada provete 27 dias \pm 12 horas depois da leitura inicial.



Figura 5.38 – Molde triplo utilizado no ensaio de retracção das argamassas de juntas

5.13.2. Cálculo e expressão dos resultados

Segundo a norma *NP EN 12808-4* [N29], a retracção linear é avaliada em mm/m como média de três valores com base na medição inicial.



Figura 5.39 – Equipamento de medição

5.14. Absorção de água de argamassas de juntas

O ensaio para a determinação da absorção de água em argamassas de juntas para ladrilhos cerâmicos é realizada segundo o método especificado na *NP EN 12808-5:2007 – Argamassas de juntas para ladrilhos. Parte 5: Determinação da absorção de água* [N42]. Este método de ensaio consiste na determinação da absorção de água devida à acção da capilaridade quando a superfície da argamassa contacta com água sem qualquer pressão adicional, sendo o coeficiente medido por meio de prismas de argamassa. Esta norma aplica-se a todas as argamassas de juntas para ladrilhos cerâmicos em aplicações de ladrilhos no interior e no exterior em paredes e pavimentos. Conforme as suas características fundamentais e adicionais, as argamassas de juntas possuem requisitos mínimos para estarem em conformidade segundo a norma europeia *EN 13888* [N3] (ver Quadro 5.8 e 5.9).

O método de ensaio descrito em seguida é realizado com o auxílio dos seguintes aparelhos e utensílios: molde triplo, com as mesmas características do ensaio anterior; aparelho vibratório ou mesa vibratória, também com as mesmas características do ensaio anterior; e por fim um tabuleiro com base plana, de tamanho suficiente para conter três provetes.

5.14.1. Procedimento

5.14.1.1. Preparação dos provetes

Antes de se proceder à preparação dos provetes é necessário fazer a mistura das argamassas a ensaiar, da mesma forma que é realizada no ensaio anterior.

Molda-se os provetes imediatamente a seguir à preparação da argamassa, com o molde firmemente fixado na mesa vibratória. Introduce-se utilizando uma pá adequada, a primeira de duas camadas de argamassa em cada um dos compartimentos, directamente do balde de mistura.

Espalha-se a camada uniformemente e em seguida compacta-se com 60 vibrações. Após a primeira camada, introduz-se a segunda camada de argamassa, nivelando e compactando com mais 60 vibrações. Levanta-se o molde cuidadosamente da mesa vibratória, raspando o excesso de material e alisando a superfície com uma colher plana.

Seguidamente limpa-se a argamassa remanescente do perímetro do molde e cobre-se o molde com uma placa de vidro em conformidade com a *EN 196-1* [N33].

Por fim, coloca-se o molde, devidamente identificado, numa base horizontal em condições normalizadas, temperatura ambiente de $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ e humidade relativa $(50 \pm 5) \%$. Remove-se cuidadosamente os provetes do molde após 24 horas e conserva-se os prismas desmoldados em condições normalizadas durante 27 dias, deixando um afastamento de pelo menos 25 mm em todos os lados. Segundo a *NP EN 12808-5* [N42], deve-se preparar seis provetes para cada argamassa a ensaiar.

5.14.1.2. Técnica

Após 21 dias, sela-se as faces laterais com um selante de silicone neutro para as tornar impermeáveis à água. Após 28 dias da preparação pesa-se cada provete com uma exactidão de 0,1 g, colocando-os em seguida verticalmente no tabuleiro, com a superfície superior para baixo, mergulhada em água entre 5 mm e 10 mm, tendo o cuidado de evitar que as faces dos prismas possam contactar entre si. Deve-se manter o nível de água constante, juntando água quando necessário. Após 30 min remove-se os provetes da água, enxugando-os rapidamente com um pano húmido e pesa-se de imediato.

De seguida recoloca-se os provetes no tabuleiro e repete-se o procedimento após 210 min.

5.14.2. Cálculo e expressão dos resultados

Segundo a *NP EN 12808-5* [N42], deve-se calcular a absorção de água de cada provete, em gramas, após 30 min e 240 min, usando a seguinte fórmula:

$$W_{mt} = m_t - m_d$$

Calcula-se a média de pelo menos três provetes.

5.15. Reacção ao fogo

Segundo a norma *NP EN 12004* [N2], o comportamento ao fogo das colas deve ser objecto de declaração quando o produto está sujeito a requisitos regulamentares podendo ser declarada quando o produto não está sujeito a tais requisitos. Os métodos de ensaio e de classificação do comportamento de reacção ao fogo em colas seguem os mesmos procedimentos, adoptados no ensaio do mesmo âmbito, relativamente aos ladrilhos cerâmicos (ver 4.20).

As colas para ladrilhos com teor de matéria orgânica não superior a 1 % são consideradas como pertencendo à Classe A1 (ou Classe A1_{fl} para pavimentos) sem necessidade de ensaio.

Qualquer cola que não preencha os requisitos atrás indicados deve ser ensaiada e classificada em conformidade com a norma europeia *EN 13501-1:2007+A1* [N24].

Relativamente às argamassas de juntas para ladrilhos cerâmicos, a norma europeia *EN 13888* [N3], não fornece qualquer tipo de informação relativamente à reacção ao fogo.

5.16. Avaliação da conformidade

De acordo com a *NP EN 12004* [N2], para as colas e a *EN 13888* [N3], para argamassa de juntas, a conformidade avaliação da conformidade inclui as seguintes actividades:

- Ensaios do tipo inicial;
- Controlo da produção em fábrica (CPF).

5.16.1. Ensaios do tipo inicial (ETI)

Na primeira avaliação dum novo produto segundo os requisitos da norma *NP EN 12004* [N2] e a *EN 13888* [N3], devem ser efectuados ensaios do tipo inicial, tal como nos ladrilhos cerâmicos, ensaios adequados para confirmar que as características do produto preenchem os requisitos da norma (mesmo produto, mesma característica, mesmos métodos de ensaio e procedimentos de amostragem, etc.).

No Quadro 5.10 são indicados os ensaios de tipo inicial que devem ser realizados para as colas, segundo a norma *NP EN 12004* [N2] e no Quadro 5.11 são indicados os ensaios de tipo inicial que devem ser realizados para as argamassas de juntas, segundo a norma *EN 13888* [N3].

Quadro 5.10 – Ensaios de tipo inicial e frequência do controlo de produção de colas [N2]

Característica	Método de ensaio	Ensaio de tipo inicial	Frequência do controlo da produção
✓ Tempo aberto	EN 1346	s	A
✓ Deslizamento	EN 1308	(s)	A
✓ Colas de presa normal – Tensão de aderência inicial à tracção (cimentos-cola)	EN 1348	s	A
✓ Colas de presa rápida – Tensão de aderência rápida à tracção (cimentos-cola de presa rápida)	EN 1348	(s)	A
✓ Características fundamentais – Tensão de aderência inicial ao corte (colas em dispersão)	EN 1324	s	A
✓ Tensão de aderência inicial ao corte (colas de resinas de reacção)	EN 12003	s	A
✓ Tensão de aderência inicial à tracção após condicionamento (cimento-cola)	EN 1348	s	B
✓ Tensão de aderência ao corte após condicionamento (colas em dispersão)	EN 1324	s	B
✓ Tensão de aderência ao corte após condicionamento (colas de resinas de reacção)	EN 12003	s	B
✓ Deformação transversal	EN 12002	(s)	B
✓ Resistência química	EN 12808-1	(s)	B
✓ Poder molhante ^a	EN 1347	(s)	B
✓ Reacção ao fogo ^b	EN 13501-1	(s)	C

Ensaios iniciais

s: significa “sim”;
(s): significa “sim, se for relevante para o produto”

Frequência do controlo

A: significa um ensaio por cada 1000 toneladas, com um mínimo de uma vez por ano e um máximo de uma vez por mês.
B: significa um ensaio por ano para produções abaixo de 2500 toneladas/ano e dois ensaios por ano para produções acima de 2500 toneladas/ano.
C: significa inexistência de ensaios directos. Contudo, a composição deve ser verificada a intervalos regulares.

^a Esta característica pode ser verificada mesmo não sendo requerida nas especificações dos produtos.

^b Apenas quando os ensaios forem requeridos.

Quadro 5.11 – Ensaios de tipo inicial para argamassas de juntas [N3]

Característica	Método de ensaio	Frequência de ensaio	
		CG	RG
✓ Resistência à abrasão	EN 12808-2	s	s
✓ Resistência à flexão em condições normalizadas	EN 12808-3	s	s
✓ Resistência à flexão após ciclos de gelo-degelo	EN 12808-3	s	-
✓ Resistência à compressão em condições normalizadas	EN 12808-3	s	s
✓ Resistência à compressão após ciclos de gelo-degelo	EN 12808-3	s	-
✓ Retracção	EN 12808-4	s	s
✓ Absorção de água após 30 min	EN 12808-5	s	-
✓ Absorção de água após 240 min	EN 12808-5	s	s
✓ Resistência química	EN 12808-1	-	(s)

Ensaios iniciais

s: significa “sim”;
(s): significa “sim, se for relevante para o produto”

5.16.2. Controlo da produção em fábrica (CPF)

Tal como nos ladrilhos cerâmicos, nas colas e argamassas para juntas o produtor deve declarar e manter um sistema de controlo da produção em fábrica (CPF) para garantir que os produtos colocados no mercado estão conforme as características de desempenho declaradas. Segundo a NP EN 12004 [N2] e a EN 13888 [N3], os procedimentos CPF devem consistir num sistema de controlo da qualidade da produção que garanta a conformidade dos produtos, abrangendo as seguintes fases principais:

- 1) Inspeção e ensaio das matérias-primas;
- 2) Inspeção e ensaio dos equipamentos da produção e do processo;
- 3) Inspeção e ensaio dos produtos acabados.

5.17. Marcação CE e etiquetagem

Só depois do fabricante ter realizado todas as tarefas exigidas pelo sistema de avaliação da conformidade do produto deverá então proceder à marcação CE do produto. De acordo com a NP EN 12004 [N2] para as colas e a EN 13888 [N3] para as argamassas de junta, os produtos conformes com estas normas devem ser claramente marcados com a seguinte informação:

- a) Nome do produto;
- b) Marca do produtor e local de origem;
- c) Data ou código de produção, tempo de vida útil e condições de armazenagem;
- d) Número da EN e data de emissão;
- e) Tipo de cola ou argamassa, se for esse o caso;
- f) Instruções de utilização (para colas):
 - Proporções de mistura (quando aplicável);
 - Tempo de repouso (quando aplicável);
 - Tempo de vida;
 - Modo de aplicação;
 - Tempo aberto;
 - Tempo de espera para fecho de juntas e colocação em serviço (quando aplicável);
 - Campo de aplicação (aplicação de ladrilhos no interior ou no exterior, em paredes ou em pavimentos, etc.).
- f) Instruções de utilização (para argamassas de juntas):
 - Proporções de mistura (quando aplicável);
 - Tempo de repouso (quando aplicável);
 - Tempo de vida;
 - Modo de aplicação;

- Tempo de limpeza e de serviço;
- Campo de aplicação.

Quando um produto é destinado a aplicações específicas, pode ser incluída informação relativa a propriedades especiais na designação de uma cola ou argamassa de junta se for esse o caso.

CAPÍTULO 6

6. APRECIÇÃO DAS NORMAS

6.1. Ladrilhos cerâmicos

Os ladrilhos cerâmicos aplicados em acabamentos de construção de pavimentos, paredes e tectos quer seja no exterior e/ou no interior são objecto da norma europeia harmonizada *NP EN 14411:2008 – Pavimentos e revestimentos cerâmicos – Definições, classificações, características e marcação* [N1]. Os pavimentos e revestimentos cerâmicos são classificados, de acordo com esta norma, em classes relacionadas com o seu processo de conformação e percentagem de absorção de água em função dos quais as suas características estão especificadas.

O sistema de comprovação da conformidade estabelecido na norma *NP EN 14411* [N1] é o sistema 4, e 3 para alguns casos, como demonstra o Quadro 4.27 e 4.28 no *Capítulo 4*. Quer isto dizer que, para serem colocados no mercado os ladrilhos cerâmicos deverão possuir a marcação CE e para esta marcação, no caso do sistema 4, não é necessária a intervenção de qualquer Organismo Notificado. Deve assim o fabricante proceder àquela marcação com base numa declaração de conformidade, no pressuposto de que implementou um controlo interno de qualidade adequado e que procedeu à realização dos ensaios de tipo iniciais. Este tipo de sistema de avaliação da conformidade dos produtos é pouco rígido, dando poucas garantias ao consumidor.

Segundo a norma, os ladrilhos cerâmicos são considerados da classe A1 ou A1_{fl} de reacção ao fogo, sem ensaio, segundo a Decisão *96/603/EEC* [D7], tal como emendada, sendo por isso aplicável o sistema 4. O sistema 3 é adoptado apenas para a libertação de chumbo e de cádmio (substâncias perigosas) e para os requisitos de segurança na utilização (módulo de ruptura) em tectos suspensos interiores, limitando-se a intervenção do laboratório de ensaios notificado ao ensaio inicial de tipo, para estas características.

Segundo a mesma norma, para a marcação CE, os ladrilhos cerâmicos de primeira qualidade comercial têm que cumprir com todos os requisitos desta norma, enquanto os ladrilhos cerâmicos não de primeira qualidade devem cumprir com as características definidas no Anexo ZA, conforme sintetizado nos Quadros 6.1, 6.2, 6.3 e 6.4.

Quadro 6.1 – Requisitos relevantes para ladrilhos cerâmicos destinados a pavimentos interiores [N1]

Características essenciais	Notas e métodos de ensaio
✓ Reacção ao fogo	<i>Decisão 96/603/EEC, tal como emendada</i>
✓ Resistência à flexão	<i>EN ISO 10545-4</i>
✓ Escorregamento	Declarado o método de ensaio usado ¹⁾
✓ Libertação de substâncias perigosas regulamentadas	<i>EN ISO 10545-15</i>

¹⁾ Segundo os métodos de ensaio aplicáveis no Estado Membro de destino (quando exigido por regulamentos).

Quadro 6.2 – Requisitos relevantes para ladrilhos cerâmicos destinados a pavimentos exteriores [N1]

Características harmonizadas	Métodos de ensaio e informação a declarar
✓ Resistência à flexão	<i>EN ISO 10545-4</i>
✓ Escorregamento (apenas para áreas de circulação pedestre)	Declarado o método de ensaio usado ¹⁾
✓ Resistência ao deslizamento (apenas para áreas de circulação de veículos)	Declarado o método de ensaio usado ¹⁾
✓ Durabilidade, resistência ao gelo/degelo	<i>EN ISO 10545-12</i>

¹⁾ Segundo os métodos de ensaio aplicáveis no Estado Membro de destino (quando exigido por regulamentos).

Quadro 6.3 – Requisitos relevantes para ladrilhos cerâmicos destinados a acabamentos de paredes e tectos interiores [N1]

Características harmonizadas	Métodos de ensaio e informação a declarar
✓ Reacção ao fogo	<i>Decisão 96/603/EEC tal como emendada</i>
✓ Libertação de substâncias perigosas regulamentadas (quando relevante)	<i>EN ISO 10545-15</i>
✓ Resistência à tracção por flexão (apenas para ladrilhos destinados a utilização em revestimentos de tectos suspensos)	<i>EN ISO 10545-4</i>
✓ Resistência da colagem/aderência ¹⁾	<i>EN 12004</i>

¹⁾ Só para ladrilhos destinados a utilizações sujeitas a requisitos contra quedas acidentais de objectos em áreas de trânsito.

Quadro 6.4 – Requisitos relevantes para ladrilhos cerâmicos destinados a acabamentos de paredes e tectos exteriores [N1]

Características harmonizadas	Notas e métodos de ensaio
✓ Reacção ao fogo	<i>Decisão 96/603/EEC tal como emendada</i>
✓ Libertação de substâncias perigosas regulamentadas (quando relevante)	<i>EN ISO 10545-15</i>
✓ Resistência à tracção por flexão (apenas para ladrilhos destinados a utilização em revestimentos de tectos suspensos)	<i>EN ISO 10545-4</i>
✓ Resistência da colagem/aderência ¹⁾	<i>EN 12004</i>
✓ Resistência ao choque térmico (quando relevante de acordo com o material)	<i>EN ISO 10545-9</i>
✓ Durabilidade, Resistência ao gelo/degelo	<i>EN ISO 10545-12</i>

¹⁾ Só para ladrilhos destinados a utilizações sujeitas a requisitos contra quedas acidentais de objectos em áreas de trânsito.

Os produtores que coloquem os seus produtos no mercado de países que não dispõem de requisitos regulamentares para uma dada característica, não são obrigados a declarar o desempenho em relação a essa característica e a opção “Desempenho Não Determinado” (DND) pode ser utilizada. As características para as quais pode ser utilizada essa opção (DND) em Portugal são o escorregamento e o deslizamento, no qual não existe requisitos regulamentares para essas duas características.

Apresentam-se agora as principais apreciações de cada norma analisada no *Capítulo 4*. Desta forma é permitido uma análise dos aspectos relevantes de cada método de ensaio e das lacunas existentes relacionadas com o comportamento dos pavimentos e revestimentos cerâmicos.

a) NP EN ISO 10545-2: Determinação das dimensões e da qualidade de superfície

Este método de ensaio faz parte dos requisitos obrigatórios de ladrilhos cerâmicos de primeira qualidade. Tratando-se de revestimentos é de extrema importância garantir a correcta característica geométrica e qualidade superficial, de modo a que as superfícies revestidas com ladrilhos cerâmicos sejam atraentes e com rigor dimensional. É de salientar que todas as características geométricas são tidas em conta nesta norma: comprimento, largura, espessura, rectilinearidade dos lados, curvatura e empeno.

Os produtos que abrangem esta norma são todos os ladrilhos cerâmicos aplicados em pavimentos ou em revestimento no exterior e/ou no interior.

b) NP EN ISO 10545-3: Determinação da absorção de água, da porosidade aberta, da densidade relativa aparente e da massa volúmica global

Este método de ensaio faz parte dos requisitos obrigatórios de ladrilhos cerâmicos de primeira qualidade. Permite determinar o coeficiente de absorção de água, de modo a verificar se o ladrilho a ensaiar enquadra-se no grupo em que está inserido. Através deste ensaio também é

possível determinar a porosidade aberta, importante característica para avaliar de forma generalizada a resistência ao desgaste e a resistência mecânica dos ladrilhos cerâmicos.

Os produtos que abrangem esta norma são todos os ladrilhos cerâmicos aplicados em pavimentos ou em revestimento no exterior e/ou no interior.

c) NP EN ISO 10545-4: Determinação do módulo de ruptura e da resistência à flexão

Este método de ensaio faz parte dos requisitos obrigatórios de ladrilhos cerâmicos quer sejam de primeira qualidade ou não. Este ensaio permite determinar a resistência à flexão e módulo de ruptura, traduzindo assim a resistência mecânica dos pavimentos e revestimentos cerâmicos no exterior e/ou no interior.

Apesar do sistema de revestimento cerâmico colado, de um modo geral, não contribuir para a estabilidade estrutural das construções, existem determinadas solicitações decorrentes das condições normais de uso que deverão resistir sem ruptura nem destacamento em relação ao suporte, tornando este ensaio essencial neste tipo de material.

Este ensaio é realizado com provetes secos numa estufa, o que poderá não corresponder à realidade na sua utilização, pois os ladrilhos cerâmicos, sobretudo em revestimentos no exterior, são sujeitos a acções climáticas extremas, nomeadamente a água da chuva que pode influenciar estas duas características. Assim sendo, o método de ensaio para a determinação destas duas características poderá não ser apropriado, visto não situar-se no lado da segurança do utilizador.

d) NP EN ISO 10545-5: Determinação da resistência ao impacto por medição do coeficiente de restituição

Este ensaio não faz parte dos requisitos de ensaios obrigatórios de pavimentos e revestimentos cerâmicos, segundo a norma “aplica-se apenas a ladrilhos utilizados em áreas onde a resistência ao impacto é considerada de especial importância” [N1]. Através deste ensaio é possível determinar a resistência ao impacto por medição do coeficiente de restituição de ladrilhos cerâmicos em pavimentos no exterior e/ou no interior onde a sua característica é determinante para o utilizador.

A resistência ao impacto é uma característica essencial numa análise de ladrilhos para pavimentos, tornando-se inadequada a sua exclusão dos requisitos de ensaios obrigatórios. Do lado do consumidor não é possível retirar nenhuma conclusão ou informação, pois a norma não especifica valores limites ou classes de desempenho para esta característica, sendo esta essencial para uma hipotética avaliação/selecção de um determinado revestimento cerâmico para pavimentos.

e) NP EN ISO 10545-6: Determinação da resistência à abrasão profunda para ladrilhos não vidrados

Este método de ensaio está incluído nos requisitos de ensaios obrigatórios de ladrilhos cerâmicos de primeira qualidade. Permite determinar a resistência à abrasão profunda em ladrilhos não vidrados em pavimentos no exterior e/ou no interior.

Os ladrilhos utilizados em pavimentos são sujeitos a diversas acções que implicam um desgaste nos revestimentos. Essas acções são causadas pelas sobrecargas decorrentes da sua

utilização normal, choques normais ou excepcionais. Assim sendo, torna-se necessário que os ladrilhos utilizados tenham características resistentes aos materiais rígidos, para melhor conforto e segurança do utilizador.

f) NP EN ISO 10545-7: Determinação da resistência à abrasão superficial para ladrilhos vidrados

Este método de ensaio tal como o anterior está incluído nos requisitos de ensaios obrigatórios de ladrilhos cerâmicos de primeira qualidade, sendo que este baseia-se na determinação dessa mesma característica em ladrilhos vidrados onde o factor estético tem maior importância. Por este ensaio é possível determinar a resistência à abrasão superficial em ladrilhos vidrados em pavimentos no exterior e/ou no interior.

Nos ladrilhos vidrados o factor estético tem uma grande importância, tratando-se de pavimentos, torna-se necessário adquirir características resistentes aos materiais rígidos, para melhor conforto estético do utilizador, sem colocar em causa a segurança do utilizador.

g) NP EN ISO 10545-8: Determinação da dilatação linear de origem térmica

Este método de ensaio não está incluído nos requisitos de ensaios obrigatórios de ladrilhos cerâmicos, visto que os ladrilhos apresentam baixos níveis de expansão térmica linear. Segundo a norma “este ensaio aplica-se a ladrilhos destinados a áreas com grandes variações de temperatura” [N1]. Embora não pertença aos requisitos de ensaios obrigatórios a norma não especifica valores limites ou classes de desempenho para esta característica, sendo esta relevante para áreas com grandes variações de temperatura.

Ainda que os ladrilhos cerâmicos apresentem baixos níveis de expansão térmica linear, os restantes elementos do sistema revestimento cerâmico colado poderão ser susceptíveis a esta acção.

No sistema de revestimento cerâmico colado, o suporte e cada um dos seus constituintes apresentariam, se não fossem solidarizados, variações dimensionais diferentes, devido a possuírem diferentes coeficientes de dilatação térmica linear.

Por outro lado, estando o suporte e os vários componentes do sistema de revestimento cerâmico solidarizados, a componente diferencial das suas variações dimensionais fica restringida, resultando em instalações de tensões no revestimento cerâmico e suporte.

A envolvente exterior dos edifícios pode atingir variações térmicas, ao longo do ano, superiores a 50 °C, podendo provocar tensões ou deformações elevadas, levando a alterar as dimensões dos materiais. Deste modo, conclui-se que esta característica não deveria ser avaliada individualmente, mas sim, analisada pelo conjunto dos vários elementos que compõem o sistema de revestimento cerâmico colado.

h) NP EN ISO 10545-9: Determinação da resistência ao choque térmico

Este método de ensaio não está incluído nos requisitos de ensaios obrigatórios de ladrilhos cerâmicos, visto que os ladrilhos têm capacidade para suportar temperaturas elevadas. Segundo a norma a sua inclusão destina-se a qualquer ladrilho cerâmico que possa vir a ser submetido a

choques térmicos localizados. Embora não pertença aos requisitos de ensaios obrigatórios a norma não especifica qualquer tipo de valores limites ou classes de desempenho para esta característica.

i) NP EN ISO 10545-10: Determinação da dilatação com a humidade

Este método de ensaio não está incluído nos requisitos de ensaios obrigatórios de ladrilhos cerâmicos, visto que os ladrilhos vidrados ou não vidrados apresentam expansão com a humidade desprezável, não provocando problemas quando esses produtos são correctamente aplicados. Contudo, segundo a norma “com deficientes técnicas de aplicação ou em certas condições climáticas, uma expansão com a humidade maior que 0,06% (0,06 mm/m) pode contribuir para a ocorrência de problemas” [N1].

Embora não pertença aos requisitos de ensaios obrigatórios a norma não especifica valores limites ou classes de desempenho para esta característica.

Ainda que os ladrilhos cerâmicos apresentem expansão com a humidade desprezável, os restantes elementos do sistema revestimento cerâmico poderão ser susceptíveis a esta acção. Tal como pela acção da temperatura, as variações do teor de humidade podem provocar variações dimensionais e nas propriedades dos materiais constituintes do sistema de revestimento cerâmico colado. A influência da humidade sobre o sistema de revestimento cerâmico colado consiste essencialmente, na diminuição da resistência mecânica do sistema de fixação (cola) e a expansão dos ladrilhos cerâmicos.

Conclui-se deste modo, que esta característica não deveria ser avaliada individualmente, mas sim analisada pelo conjunto dos vários elementos que compõem o sistema de revestimento cerâmico colado.

j) NP EN ISO 10545-11: Determinação da resistência ao fendilhamento para ladrilhos vidrados

Este método de ensaio está incluído nos requisitos de ensaios obrigatórios de ladrilhos cerâmicos de primeira qualidade. Permite determinar a fendilhagem de ladrilhos vidrados em pavimentos e revestimentos no exterior e/ou no interior.

Apenas está previsto realizar este tipo de ensaios em ladrilhos vidrados, porém os ladrilhos não vidrados, também são igualmente susceptíveis à ocorrência de fendilhações, podendo influenciar a capacidade de protecção, durabilidade e o aspecto estético do revestimento, causando desconforto e insegurança ao utilizador.

Tal como noutros ensaios, a norma não especifica classes de desempenho para esta característica, diminuindo assim a capacidade de avaliação do consumidor.

k) NP EN ISO 10545-12: Determinação da resistência ao gelo

Segundo a norma *NP EN 14411* [N1] este método de ensaio não está incluído nos requisitos de ensaios obrigatórios de ladrilhos cerâmicos, apenas aplica-se obrigatoriamente a produtos que são especificados como sendo resistentes ao gelo. Embora a norma refira que este método de ensaio não está incluído nos requisitos de ensaios obrigatórios de alguns ladrilhos cerâmicos, na marcação CE

de ladrilhos cerâmicos não de primeira qualidade este ensaio é obrigatório, sendo uma característica associada à durabilidade do produto. Deste modo, é possível verificar uma certa incoerência por parte da norma relativamente a este ensaio.

Este ensaio permite determinar a resistência ao gelo/degelo dos ladrilhos cerâmicos. Esta característica é de extrema importância pelo facto dos revestimentos, sobretudo aqueles que são colocados no exterior, serem sujeitos a acções climáticas extremas.

A norma não especifica qualquer tipo de valores limites ou classes de desempenho para esta característica, sendo esta de extrema importância na avaliação da durabilidade do sistema, inclusive sendo uma das características obrigatórias para ladrilhos não de primeira qualidade comercial.

Para além da formação de gelo é necessário ter em conta a acção da neve neste tipo de sistema de revestimento, pois para além do choque térmico que está associada, a neve pode originar sobrecargas elevadas.

l) NP EN ISO 10545-13: Determinação da resistência química

Este método de ensaio destina-se a determinar a resistência química dos ladrilhos cerâmicos, nomeadamente a resistência a ácidos e bases em baixas concentrações e altas concentrações e a resistência a químicos dos produtos domésticos e aditivos para águas de piscina.

O ensaio para a determinação da resistência a ácidos e bases com alta concentração não faz parte dos requisitos de ensaios obrigatórios, destina-se apenas a ladrilhos cerâmicos que possam ser aplicados em condições potencialmente corrosivas. Já os restantes ensaios fazem parte dos requisitos de ensaios obrigatórios de ladrilhos de primeira qualidade.

Os produtos que abrangem esta norma são todos os ladrilhos cerâmicos aplicados em pavimentos ou em revestimento no exterior e/ou no interior.

Os ladrilhos cerâmicos são normalmente resistentes aos produtos químicos comuns. Embora para os produtos químicos domésticos e aditivos para água de piscina é necessário requisitos mínimos. Relativamente à resistência de ácidos e bases com baixa concentração o produtor deve apenas referir a classificação do seu produto.

m) NP EN ISO 10545-14: Determinação da resistência às manchas

Este método de ensaio destina-se a determinar a resistência às manchas dos ladrilhos cerâmicos. Neste ensaio o que está a ser avaliado é o factor estético, em que nos ladrilhos vidrados têm uma grande importância. A norma requer uma classificação mínima em relação aos ladrilhos vidrados, enquanto nos ladrilhos não vidrados não existe qualquer classificação mínima ou critério de classificação.

Os produtos que abrangem esta norma são todos os ladrilhos cerâmicos aplicados em pavimentos ou em revestimento no exterior e/ou no interior.

n) NP EN ISO 10545-15: Determinação do teor de chumbo e de cádmio libertados por ladrilhos vidrados

Este método de ensaio não está incluído nos requisitos de ensaios obrigatórios de ladrilhos cerâmicos. Segundo a norma este ensaio aplica-se “aos ladrilhos vidrados aplicados em superfícies de trabalho e em paredes de recintos onde sejam preparados alimentos e onde os géneros alimentícios possam contactar directamente com as superfícies vidradas desses ladrilhos” [N1].

Quando relevante, este ensaio deverá ser feito aos ladrilhos cerâmicos não só de primeira qualidade como os restantes, visto que os ladrilhos cerâmicos não devem libertar cádmio nem chumbo quando estão em contacto com alimentos, devido a uma possível intoxicação alimentar.

A norma *NP EN 14411* [N1] não especifica valores limites ou classes de desempenho para esta característica, sendo esta essencial nos pressupostos assinalados anteriormente.

o) NP EN ISO 10545-16: Determinação de pequenas diferenças de cor

Este método de ensaio não está incluído nos requisitos de ensaios obrigatórios de ladrilhos cerâmicos. Aplica-se apenas a ladrilhos vidrados de cores uniformes, nos casos em que pequenas variações de cor entre produtos vidrados de cor uniforme são parte importante de uma especificação.

Os produtos que abrangem esta norma são todos os ladrilhos cerâmicos vidrados aplicados em pavimentos ou em revestimento no exterior e/ou no interior.

Tal como nas propriedades determinadas pela *NP EN ISO 10545-2* [N5], a determinação de pequenas diferenças de cor é uma característica essencial para tornar os ladrilhos cerâmicos atraentes do ponto de vista da qualidade da superfície.

6.2. Colas

As colas aplicadas como meio de fixação de pavimentos e paredes (interiores e/ou exteriores) de ladrilhos cerâmicos são objecto da norma europeia harmonizada *NP EN 12004:2008 – Colas para ladrilhos – Requisitos, avaliação da conformidade, classificação e designação* [N2]. As colas são classificadas, de acordo com esta norma, em classes relacionadas com a natureza química dos seus ligantes dos quais as suas características estão especificadas.

O sistema de comprovação da conformidade estabelecido na norma *NP EN 12004* [N2] é o sistema 3. Quer isto dizer que, para serem colocados no mercado as colas deverão possuir a marcação CE e para esta marcação, no caso do sistema 3, o fabricante deve proceder com base numa declaração de conformidade, após a realização de ensaios iniciais num laboratório aprovado.

Segundo a norma, para a marcação CE as colas têm que cumprir com as características essenciais definidas no Anexo ZA, conforme sintetizado nos Quadros 6.5, 6.6 e 6.7.

Quadro 6.5 – Requisitos relevantes para cimentos-cola [N2]

Características essenciais	Requisitos	Notas
✓ Reacção ao fogo		A1 a F e/ou A1 _{fl} a F
✓ Tensão de aderência	– Tensão de aderência inicial à tracção – Tensão de aderência rápida à tracção (aplicável apenas a colas de presa rápida)	EN 1348 Valor limite ≥ 0,5
✓ Durabilidade contra as acções climáticas / envelhecimento por calor	– Tensão de aderência à tracção após envelhecimento por acção de calor: Valor declarado ou DND ¹⁾	EN 1348
✓ Durabilidade contra a acção da água ou da humidade	– Tensão de aderência à tracção após imersão em água	EN 1348 Valor limite ≥ 0,5
✓ Durabilidade contra ciclos de gelo/degelo	– Tensão de aderência à tracção após ciclos de gelo/degelo: Valor declarado ou DND ¹⁾	EN 1348

¹⁾ Quando o produtor usa a opção DND (Desempenho Não Determinado) para o envelhecimento por acção climática/calor e/ou por ciclos de gelo-degelo, ou quando o valor declarado não preenche o requisito da Norma, nas utilizações finais deve dizer “não apropriado para usos exteriores”

Quadro 6.6 – Requisitos relevantes para colas em dispersão aquosa [N2]

Características essenciais	Requisitos	Notas
✓ Reacção ao fogo		A1 a F e/ou A1 _{fl} a F
✓ Tensão de aderência	– Tensão de aderência inicial ao corte	EN 1324 Valor limite ≥ 1
✓ Durabilidade contra as acções climáticas / envelhecimento por calor	– Tensão de aderência ao corte após envelhecimento por acção de calor – Tensão de aderência ao corte a temperaturas elevadas (aplicável apenas ao tipo D2)	EN 1324 Valor limite ≥ 1 EN 1324 Valor limite ≥ 1 se for declarado o desempenho
✓ Durabilidade contra a acção da água ou da humidade	– Tensão de aderência ao corte após imersão em água (aplicável apenas ao tipo D2)	EN 1324 Valor limite ≥ 0,5 se for declarado o desempenho

Quadro 6.7 – Requisitos relevantes para colas de resinas de reacção [N2]

Características essenciais	Requisitos	Notas
Reacção ao fogo		A1 a F e/ou A1 _{fl} a F EN 12003
Tensão de aderência	– Tensão de aderência inicial ao corte	Valor limite ≥ 2
Durabilidade contra as acções climáticas / envelhecimento por calor	– Tensão de aderência ao corte após envelhecimento após choque térmico (aplicável apenas ao tipo R2)	EN 12003 Valor limite ≥ 2 se for declarado o desempenho
Durabilidade contra a acção da água ou da humidade	– Tensão de aderência ao corte após imersão em água	EN 12003 Valor limite ≥ 2

¹⁾ Quando o produtor usa a opção DND (Desempenho Não Determinado) para o envelhecimento por acção climática/calor e/ou por ciclos de gelo-degelo, ou quando o valor declarado não preenche o requisito da Norma, nas utilizações finais deve dizer “não apropriado para usos exteriores”

Apresentam-se agora as principais apreciações de cada norma analisada no *Capítulo 5*, referente às colas. Desta forma é permitido uma análise dos aspectos relevantes de cada método de ensaio e das lacunas existentes relacionadas com o comportamento das colas para fixação de ladrilhos cerâmicos.

a) EN 1348: Tensão de aderência inicial para cimentos-cola (C)

Este método de ensaio faz parte do grupo de requisitos obrigatórios para a marcação CE de cimentos-cola. Permite determinar a tensão de aderência inicial do cimento-cola, essencial na adesão do ladrilho ao suporte. A aderência mecânica é produzida pela penetração e endurecimento do cimento nos poros do suporte e da peça cerâmica.

Neste ensaio e nos restantes, relativamente a esta norma, são utilizados ladrilhos pertencentes ao grupo BI_a com superfície não vidrada. Este tipo de ladrilho absorve pouca água, comparativamente com outros, dificultando assim as reacções químicas entre o cimento-cola e o ladrilho, permitindo assim uma análise desta característica no lado da segurança do utilizador. A utilização da superfície não vidrada nos ladrilhos prende-se pelo facto da superfície vidrada não ajudar na adesão entre a cola epoxídica e a placa metálica utilizada neste ensaio.

Neste ensaio e nos restantes, relativamente a esta norma, na preparação dos provetes, a norma não especifica qual a espessura a utilizar nas camadas de cola a colocar na placa de betão, podendo levar a erros grosseiros por parte do fornecedor.

b) EN 1348: Tensão de aderência após imersão em água para cimentos-cola (C)

Este método de ensaio está inserido no grupo de requisitos obrigatórios para a marcação CE de cimentos-cola. Permite determinar a tensão de aderência à tracção após imersão em água, essencial na durabilidade contra a acção da água ou da humidade do sistema de revestimento cerâmico colado.

O cimento-cola tem que possuir uma aderência à tracção suficiente de modo que, quando sujeito à acção da água ou da humidade não prejudique a adesão do ladrilho ao suporte. A influência

da humidade sobre o sistema de revestimento cerâmico diminui sensivelmente a resistência mecânica do sistema de fixação, que neste caso é o cimento-cola, tornando essencial este tipo de ensaio nas colas.

c) EN 1348: Tensão de aderência após acção do calor para cimentos-cola (C)

Este método de ensaio está inserido no grupo de requisitos relevantes para a marcação CE de cimentos-cola, embora o produtor tenha a possibilidade de utilizar a opção DND (Desempenho Não Determinado) caso o produto em si não seja apropriado para usos exteriores.

Este ensaio permite determinar a tensão de aderência à tracção após acção do calor, essencial na durabilidade contra as acções climáticas e envelhecimento por calor do cimento-cola.

Tal como no ensaio anterior o cimento-cola tem que possuir uma aderência à tracção suficiente de modo que, quando sujeito à acção do calor não prejudique a adesão do ladrilho ao suporte. Esta característica é essencial sobretudo quando o sistema de revestimento cerâmico é colado no exterior.

A superfície exterior, que neste caso seria o ladrilho cerâmico é sujeita à radiação solar, ou seja, a deformação diferencial resultará não só pela diferença de coeficientes de dilatação térmica mas também do próprio diferencial de temperatura. Sendo o cimento-cola responsável pela solidarização do ladrilho cerâmico e do suporte, é de extrema importância ter em conta esta acção na avaliação/selecção do produto por parte do consumidor.

d) EN 1348: Tensão de aderência após ciclos de gelo/degelo para cimentos-cola (C)

Este método de ensaio está inserido no grupo de requisitos relevantes para a marcação CE de cimentos-cola, embora o produtor tenha a possibilidade de utilizar a opção DND (Desempenho Não Determinado) caso o produto em si não seja apropriado para usos exteriores.

Este ensaio permite determinar a tensão de aderência à tracção após ciclos de gelo/degelo, tal como no ensaio anterior é essencial na durabilidade contra as acções climáticas e envelhecimento por calor do cimento-cola.

Devido à grande amplitude térmica que o sistema de revestimento cerâmico colado é sujeito, é necessário que o cimento-cola tenha aderência à tracção suficiente para resistir a este tipo de acções. Esta característica é essencial sobretudo quando o sistema de revestimento cerâmico é colado no exterior.

e) EN 1346: Tempo de abertura

Este método de ensaio não faz parte do grupo de requisitos relevantes para a marcação CE de qualquer tipo de cola. Embora o produtor, segundo a norma *NP EN 12004* [N2], tenha que colocar nas instruções de utilização o tempo aberto para que o produto esteja conforme, este ensaio não faz parte das características essenciais para a marcação CE.

Através deste ensaio é possível determinar o máximo período de tempo para fixação dos ladrilhos desde o momento da aplicação da cola, essencial para que cumpra a tensão de aderência especificada para a qual foi seleccionada pelo consumidor.

A não colocação desta característica no grupo de características essenciais para a marcação CE, faz com que uma cola de uma dada marca possa comprometer o sistema de revestimento cerâmico colado caso o utilizador não respeite ao extremo as condições de utilização.

Neste ensaio são utilizados ladrilhos pertencentes ao grupo BIII com superfície vidrada. Este tipo de ladrilho absorve bastante água, comparativamente com outros, facilitando assim as reacções químicas entre a cola e o ladrilho permitindo uma maior aderência. Assim sendo, com a utilização deste tipo de ladrilho torna-se mais simples obter melhores resultados, não estando no lado da segurança do utilizador.

f) EN 1308: Deslizamento

Este método de ensaio não faz parte do grupo de requisitos relevantes para a marcação CE de qualquer tipo de cola. Através deste ensaio é possível determinar o deslizamento, permitindo verificar se a cola em causa permite um grande deslizamento dos ladrilhos aplicados nela.

Neste ensaio são utilizados ladrilhos pertencentes ao grupo BI_a com superfície não vidrada. Este tipo de ladrilho absorve pouca água, comparativamente com outros, dificultando assim as reacções químicas entre o cimento-cola e o ladrilho, permitindo assim uma análise desta característica no lado da segurança do utilizador. Caso a peça ou suporte tenham absorção reduzida a aderência mecânica é muito fraca, pelo que terá que ser complementada com a aderência química.

g) EN 12002: Deformação Transversal

Este método de ensaio não faz parte do grupo de requisitos relevantes para a marcação CE do cimento-cola ou da argamassa de juntas à base de cimento. Através deste ensaio é possível determinar a deformação transversal, ou seja a capacidade de um cimento-cola ou argamassa quando submetido a um esforço por tracção.

Esta característica é relevante nestes dois materiais (cimento-cola e argamassa de junta à base de cimento) porque não possuem propriedades elásticas, tornando-se necessário calcular a sua deformação transversal, permitindo verificar se o produto é deformável ou altamente deformável.

h) EN 1324: Tensão inicial ao corte para colas em dispersão aquosa (D)

Este método de ensaio faz parte do grupo de requisitos obrigatórios para a marcação CE de colas em dispersão aquosa. Permite determinar a tensão de aderência inicial ao corte, essencial na adesão do ladrilho ao suporte.

Neste ensaio e nos restantes, relativamente a esta norma, são utilizados ladrilhos pertencentes ao grupo BIII com superfície vidrada. Este tipo de ladrilho absorve muita água, comparativamente com outros, facilitando assim as reacções químicas entre a cola e o ladrilho. Assim sendo, com a utilização deste tipo de ladrilho torna-se mais simples obter melhores resultados, não estando assim no lado da segurança.

i) EN 1324: Tensão de corte após acção do calor para colas em dispersão aquosa (D)

Este método de ensaio faz parte do grupo de requisitos obrigatórios para a marcação CE de colas em dispersão aquosa. Este ensaio permite determinar a tensão de aderência à tracção após acção do calor, essencial na durabilidade contra as acções climáticas e envelhecimento por calor.

Tal como nos cimentos-cola, as colas em dispersão aquosa têm que possuir uma aderência suficiente de modo que, quando sujeitas à acção do calor não prejudique a adesão do ladrilho ao suporte.

j) EN 1324: Tensão de corte após imersão em água para colas em dispersão aquosa (D)

Este método de ensaio está inserido no grupo de requisitos obrigatórios para a marcação CE de colas em dispersão aquosa com característica adicional de tensão de aderência após imersão em água. Este ensaio é essencial em colas em dispersão aquosa aplicadas em locais susceptíveis à acção da água ou da humidade, fundamental na durabilidade do sistema de revestimento cerâmico colado. A influência da humidade sobre o sistema de revestimento cerâmico diminui sensivelmente a resistência mecânica do sistema de fixação.

k) EN 1324: Tensão de corte a alta temperatura para colas em dispersão aquosa (D)

Este método de ensaio faz parte do grupo de requisitos obrigatórios para a marcação CE de colas em dispersão aquosa com característica adicional de tensão de aderência a alta temperatura. Este ensaio é essencial em colas em dispersão aquosa aplicadas em revestimentos cerâmico no exterior sujeito a temperaturas elevadas, fundamental na durabilidade contra as acções climáticas e envelhecimento por calor.

l) EN 12003: Tensão inicial ao corte para colas de resinas reactivas (R)

Este método de ensaio faz parte do grupo de requisitos obrigatórios para a marcação CE de colas de resinas reactivas. Permite determinar a tensão de aderência inicial ao corte de colas de resinas reactivas, essencial na adesão do ladrilho ao suporte.

Neste ensaio e nos restantes, relativamente a esta norma, são utilizados ladrilhos pertencentes ao grupo BI_a com superfície não vidrada. Este tipo de ladrilho absorve pouca água, comparativamente com outros, dificultando assim a aderência mecânica, pelo que terá que ser complementada com a aderência química da cola. Sendo essa (aderência química) uma das características das colas de resinas reactivas.

m) EN 12003: Tensão de corte após imersão em água para colas de resinas reactivas (R)

Este método de ensaio está inserido no grupo de requisitos obrigatórios para a marcação CE de colas de resinas reactivas. Permite determinar a tensão de aderência à tracção após imersão em água, essencial na durabilidade contra a acção da água ou da humidade do sistema de revestimento cerâmico colado.

A cola à base de resinas reactivas tem que possuir uma aderência suficiente de modo que, quando sujeito à acção da água ou da humidade não prejudique a adesão do ladrilho ao suporte. A

influência da humidade sobre o sistema de revestimento cerâmico diminui sensivelmente a resistência mecânica do sistema de fixação, que neste caso é a cola de resinas reactivas.

n) EN 12003: Tensão de corte após choque térmico para colas de resinas reactivas (R)

Este método de ensaio está inserido no grupo de requisitos relevantes para a marcação CE de colas de resinas reactivas com característica adicional de tensão de aderência ao corte após choque térmico. Tal como nas restantes colas, este ensaio é relevante em colas aplicadas em revestimentos cerâmico pelo exterior, sujeitos a temperaturas elevadas, fundamental na durabilidade contra as acções climáticas e envelhecimento por calor do sistema de revestimento cerâmico.

o) EN 1347: Poder Molhante

Este método de ensaio não está inserido no grupo de requisitos relevantes para a marcação CE de qualquer tipo de cola. Este ensaio tem a finalidade de determinar a capacidade de uma camada de cola molhar a peça cerâmica que vai ser assentada, facilitando a aderência através da sua área de contacto. A norma não especifica valores limites ou classes de desempenho para esta característica.

6.3. Argamassas de juntas

As argamassas para enchimento de juntas de pavimentos e revestimentos na aplicação de ladrilhos cerâmicos são objecto de estudo da norma europeia *EN 13888:2009 – Grout for tiles: Requirements, evaluation of conformity, classification and designation* [N3]. As argamassas de juntas são classificadas, de acordo com esta norma, em classes relacionadas com a natureza química dos seus ligantes dos quais as suas características são especificadas.

A norma *EN 13888* [N3] não possui Anexo ZA (parte harmonizada com a Directiva), obrigatória para efeitos de marcação CE, com indicação das características mínimas dos produtos. Só após a publicação do conjunto norma e Anexo ZA é que poderá haver condições para concretizar a marcação CE. Assim sendo, não é possível determinar qual o sistema de comprovação da conformidade deste tipo de argamassas de juntas.

Com a “não marcação CE” das argamassas de juntas, os produtos não estão autorizados à livre circulação e comercialização no Espaço Económico Europeu (EEE). Por outro lado, se o consumidor optar por produtos que não estejam segundo os requisitos desta norma, os produtos poderão não usufruir de características que satisfaçam as exigências essenciais.

Apresentam-se agora as principais apreciações de cada norma analisada no *Capítulo 5*, referente às argamassas de juntas. Desta forma é permitido uma análise dos aspectos relevantes de cada método de ensaio e das lacunas existentes relacionadas com o comportamento das argamassas de juntas para fixação de ladrilhos cerâmicos.

a) NP EN 12808-1: Resistência química de argamassas de resinas de reacção

Pretende-se com este método de ensaio avaliar o comportamento de colas e argamassas de juntas do tipo resinas de reacção quando sujeitos a determinadas soluções químicas. Este método de ensaio não faz parte de requisitos obrigatórios para a marcação CE, visto que a norma *EN 13888* [N3] não está sobre a alçada da marcação CE.

Embora não necessite de marcação, o consumidor pode avaliar/seleccionar o seu produto segundo as características e requisitos desta norma. Para esta característica, a norma não especifica valores limites ou classes de desempenho nem que tipos de produtos químicos devem ser utilizados no ensaio.

Usualmente as colas do tipo (R) e as argamassas de juntas de resinas de reacção são utilizados em locais onde são sujeitos a ataques químicos (por exemplo: piscinas). Assim sendo, torna-se relevante a determinação desta característica neste tipo de produtos.

b) NP EN 12808-2: Resistência à abrasão

Este método de ensaio permite determinar a resistência à abrasão de todo o tipo de argamassas de juntas para ladrilhos cerâmicos. Tal como nos ladrilhos, as argamassas de juntas utilizadas em pavimentos são sujeitas a diversas acções que implicam um desgaste ao longo do seu tempo de vida. Acções causadas pelas sobrecargas decorrentes da sua utilização normal, choques normais ou excepcionais.

É necessário que as argamassas de juntas tenham características resistentes aos materiais rígidos, para melhor conforto e segurança do utilizador.

c) NP EN 12808-3: Resistência à flexão e à compressão

Este método de ensaio permite determinar a resistência à flexão e à compressão, traduzindo assim a resistência mecânica das argamassas de juntas para pavimentos e revestimentos cerâmicos no exterior e/ou no interior. Tal como nos ladrilhos, apesar de o sistema de revestimento cerâmico colado, de um modo geral, não contribuir para a estabilidade estrutural das construções, existem determinadas solicitações, decorrentes das condições normais de uso, a que deverão resistir sem ruptura nem destacamento em relação ao suporte.

d) NP EN 12808-4: Retracção

Pretende-se com este ensaio determinar a retracção, através da determinação da redução de volume de uma argamassa de junta durante o seu período de cura. Esta característica é essencial pois fornece indicações sobre a capacidade à fendilhação da argamassa de junta que influencia decididamente a capacidade de protecção à água, a durabilidade e o aspecto estético do sistema de revestimento cerâmico colado.

e) NP EN 12808-4: Absorção de água

Este método de ensaio permite determinar a absorção de água por capilaridade de uma argamassa, quando sujeita ao contacto com água. A determinação da absorção de água é essencial

nas argamassas de juntas, pois estas devem servir como uma primeira barreira à passagem de água para evitar infiltrações.

CAPÍTULO 7

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

7.1. Ladrilhos cerâmicos

Uma análise do conjunto das características referentes à norma europeia harmonizada *NP EN 14411* [N1] permite verificar que embora contribua para o conhecimento dos materiais em causa, não é suficiente para fazer uma avaliação completa do comportamento dos pavimentos e revestimentos cerâmicos, tornando a selecção e/ou avaliação dos ladrilhos cerâmicos menos detalhada. Deste modo ambas as partes interessadas (produtor e consumidor) saem lesadas por esta falta de conhecimento.

A normalização europeia relativa a pavimentos e revestimentos cerâmicos deixou “em branco” inúmeros campos no que diz respeito à definição de exigências mínimas e de sistemas de classificação de certas características, como, o escorregamento e o deslizamento. Em Portugal, poderá fazer algum sentido complementá-la, à semelhança do que já foi feito, por exemplo na Alemanha e França.

De seguida são apresentados um conjunto de sistemas de classificação de certas características de pavimentos e revestimentos cerâmicos utilizados noutros países:

- Resistência ao escorregamento (*DIN 51097 / DIN 51130*);
- Resistência ao deslizamento (*ENV 12633*);
- Resistência ao impacto ligeiro (*CSTB/Cahier 3515 / Anexo 7*);
- Resistência à rolagem de pavimentos não vidrados (*CSTB/Cahier 3515 / Anexo 5*);
- Resistência ao impacto pesado (*CSTB/Cahier 3515 / Anexo 6*).

Para além da falta de avaliação de certas características (escorregamento e deslizamento) nos pavimentos e revestimentos cerâmicos, existem também diversas lacunas existentes nas características já avaliadas. O tipo de lacunas detectado pode ser ilustrado com os seguintes exemplos:

- O ensaio para a determinação da resistência ao impacto não faz parte dos requisitos de ensaios obrigatórios, sendo esta característica fundamental numa análise e/ou selecção de ladrilhos cerâmicos para pavimentos, tornando-se inadequada a sua exclusão dos requisitos de ensaios obrigatórios.
- Algumas características, como a dilatação linear de origem térmica e a dilatação com a humidade não estão incluídas nos requisitos de ensaios obrigatórios, pois considera-se que os ladrilhos cerâmicos são resistentes a estas acções. Porém os restantes elementos que compõem o sistema de revestimento cerâmico colado poderão ser susceptíveis a estas acções. Deste modo, conclui-se que estas características não deveriam ser avaliadas individualmente, mas sim, analisadas pelo conjunto dos vários elementos que constituem o sistema de revestimento cerâmico colado.
- Alguns ensaios não possuem qualquer tipo de valores limites ou classes de desempenho para uma hipotética avaliação/selecção de um determinado produto, por parte do consumidor, tornando o ensaio pouco apelativo.

7.2. Colas

Uma análise do conjunto das características referentes à norma europeia harmonizada *NP EN 12004* [N2] permite verificar que, embora contribua para o conhecimento dos materiais em causa, não é suficiente para realizar uma avaliação completa do comportamento das colas.

Existem certas características essenciais para uma avaliação completa do comportamento do sistema de revestimento cerâmico colado, que não existem nesta norma. De seguida são apresentados algumas destas características que poderão ajudar a preencher o conjunto de características essenciais para uma avaliação completa das colas:

- A resistência ao fendilhamento das colas: esta característica influencia a capacidade de protecção à água, a durabilidade e o aspecto estético do revestimento. As características mencionadas na norma *NP EN 12004* [N2] não fornecem qualquer informação sobre a susceptibilidade à fendilhação das colas. A título de exemplo, não faz parte das características avaliadas, o módulo de elasticidade e a retracção que poderiam fornecer alguma indicação relativamente a essa característica.
- A capacidade de impermeabilização das colas: esta característica condiciona também a capacidade de protecção à água do revestimento. Tal como no exemplo anterior as características mencionadas na norma não dão qualquer informação sobre a capacidade de impermeabilização das colas.

Tal como nos ladrilhos cerâmicos, para além da falta de avaliação de certas características, existem também diversas lacunas existentes nas características já avaliadas. O tipo de lacunas detectado pode ser ilustrado com os seguintes exemplos:

- O ensaio para a determinação do tempo de abertura não faz parte dos requisitos de ensaios obrigatórios, sendo esta característica fundamental numa análise e/ou selecção de colas, tornando-se inadequada a sua exclusão dos requisitos de ensaios obrigatórios.
- No ensaio para a determinação da tensão de aderência para cimentos-cola, a norma não especifica qual a espessura a utilizar nas camadas de cola a colocar sobre a placa de betão, na preparação dos provetes, podendo desta forma levar a erros grosseiros por parte do fornecedor.

7.3. Argamassas de juntas

A norma europeia *EN 13888* [N3] referente às argamassas de juntas para ladrilhos cerâmicos não possui Anexo ZA (parte harmonizada com a Directiva), obrigatória para efeitos de marcação CE, com indicação das características mínimas dos produtos. Deste modo não é possível controlar as características mínimas que este material deve possuir para circular em Portugal.

Caso o consumidor optar por produtos que estejam segundo os requisitos desta norma, tal como nos ladrilhos cerâmicos, certas características não possuem valores limites ou classes de desempenho para uma hipotética avaliação/selecção deste tipo de produto, tornando os ensaios poucos apelativos.

7.4. Normalização europeia e marcação CE dos produtos em estudo

É possível constatar que todos os aspectos do comportamento do sistema de revestimento cerâmico colado são de avaliação complexa, pelo que é perceptíveis as lacunas existentes nas normas aplicáveis a este tipo de materiais. A avaliação do desempenho do sistema de revestimento cerâmico colado requer uma análise conjunta das várias características dos materiais constituintes do sistema de revestimento cerâmico colado.

Conclui-se facilmente que a marcação CE é uma ferramenta fundamental na selecção dos materiais que melhor se adequam à utilização pretendida, não traduzindo no entanto uma garantia de qualidade mas sim uma garantia de que os produtos se encontram em conformidade com os requisitos exigidos pelo *Regulamento (UE) N.º 305/2011 do Parlamento Europeu* [D1].

A criação de normas harmonizadas e a implementação da marcação CE garantiu um impacto positivo ao nível da qualidade da produção dos produtos de construção. No entanto é possível melhorar esta ferramenta, de forma a trazer vantagens quer para o fabricante quer para o consumidor através de uma abordagem mais específica das características que os materiais tem que apresentar na marcação CE, de maneira a proteger ambas as partes interessadas e assim diminuir os erros e as patologias nas construções.

7.5. Desenvolvimentos actuais na normalização de ladrilhos cerâmicos, colas e argamassas de juntas

Devido à constante necessidade em estabelecer melhorias na qualidade normativa, estão actualmente (dados de Fevereiro de 2012) a ser desenvolvidas pela Comissão Técnica do CEN relativamente a ladrilhos cerâmicos – CEN/TC 67 *Ceramic Tiles*, normas referentes a este tipo de produtos apresentadas no Quadro 7.1 [I2], bem como o que afecta a este tipo de produtos, nomeadamente colas e argamassas de juntas.

Quadro 7.1 - Normas a serem desenvolvidas pelo CEN/TC 67 relacionadas com ladrilhos cerâmicos [I2]

Referência do Projecto	Título	Estado	DAV
prEN ISO 10545-9	<i>Ceramic tiles – Part 9: Determination of resistance to thermal shock (ISO/DIS 10545-9:2011)</i>	Em fase de aprovação	2013-09
EN 12004:2007/FprA1	<i>Adhesives for tiles – Requirements, evaluation of conformity, classification and designation</i>		2012-07
FprEN 14411	<i>Ceramic tiles – Definitions, classifications, characteristics, evaluation of conformity and marking</i>		2012-10
EN ISO 10545-6:2012	<i>Ceramic tiles – Part 6: Determination of resistance to deep abrasion for unglazed tiles (ISO 10545-6:2010)</i>	Aprovado	2012-02
EN ISO 10545-16:2012	<i>Ceramic tiles – Part 16: Determination of small colour differences (ISO 10545-16:2010)</i>		2012-02
prEN ISO 10545-1 rev	<i>Ceramic tiles – Part 1: Sampling and basis for acceptance</i>	Em fase de preparação de projecto	2014-08
prEN ISO 10545-8 rev	<i>Ceramic tiles – Part 8: Determination of linear thermal expansion</i>		2014-08
prEN ISO 10545-13 rev	<i>Ceramic tiles – Part 13: Determination of chemical resistance</i>		2014-08

Legenda:

DAV – *date of availability*, data em que a norma definitiva (se aprovada) é distribuída

Todas as normas listadas no quadro anterior, em caso de aprovação, irão substituir as normas actuais correspondentes.

BIBLIOGRAFIA

1. Livros e Artigos

- [L1] ALMACINHA, José António – **Introdução ao conceito de normalização em geral e sua importância na engenharia**. Texto de apoio às Disciplinas de Desenho Técnico (LEM) e de Desenho Industrial I (LGEI). Porto, FEUP, 2005.
- [L2] Instituto Português da Qualidade – **Manual de normalização 2009**. Departamento de Normalização. Lisboa, Ministério da Economia e da Inovação, 2009.
- [L3] FREITAS, Vasco Peixoto de; SOUSA, Augusto Vaz Serra e; SILVA, J. A. Raimundo Mendes da. – **Manual de aplicação de revestimentos cerâmicos**. Coimbra, APICER – Associação da Indústria de Cerâmica, 2003.
- [L4] LUCAS, José A. Carvalho – **Azulejos ou Ladrilhos Cerâmicos: Descrição geral, exigências normativas, classificação fundamental (ITMC 33)**. ICT, Informação Técnica de Materiais de Construção. LNEC, Lisboa, 2003.
- [L5] SANTOS, Pina dos – **A classificação europeia de reacção ao fogo dos produtos de construção (ITE 55)**. ICT, Informação Técnica de Edifícios. LNEC, Lisboa, 2010.
- [L6] ALMEIDA, J. Valente de – **Ensaio aplicáveis a produtos da fileira cimento**. Seminário “Marcação CE em Produtos da Construção (fileira Cimento)”, Exponor. Coimbra, 23 de Outubro de 2009.
- [L7] RODRIGUES, Maria P. F.; HENRIQUES, Fernando M. A. – **Normas aplicáveis ao sector da construção**. Lisboa, FCT – Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2006.
- [L8] LUCAS, José A. Carvalho; ABREU, Miguel Marinho Mendes – **Revestimentos cerâmicos colados: Descolamento**. Lisboa, LNEC, 2005.
- [L9] LUCAS, José A. Carvalho – **Exigências funcionais de revestimentos de paredes (ITE 25)**. ICT, Informação Técnica de Edifícios. LNEC, Lisboa, 1990.

2. Documentos Legislativos, Directivas, Comunicações e Decisões

- [D1] REGULAMENTO (UE) Nº. 305/2011 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 9 de Março de 2011 – Estabelece condições harmonizadas para a comercialização dos produtos de construção e que revoga a Directiva 89/106/CEE do Conselho.
- [D2] DIRECTIVA 89/106/CEE, de 21 de Dezembro de 1988 – Relativa à aproximação das disposições legislativas regulamentares e administrativas dos Estados-membros no que respeita aos produtos de construção, 21 de Dezembro de 1988.
- [D3] DECRETO-LEI n.º 234/93, de 2 de Julho – Estabelece para a ordem jurídica portuguesa os objectivos e caracterização do Sistema Português da Qualidade, 2 de Julho de 1993.
- [D4] DECRETO-LEI n.º 4/2002, de 4 de Janeiro – Altera o Decreto-Lei n.º 234/93, de 2 de Julho, 4 de Janeiro de 2002.
- [D5] DESPACHO n.º 20824/2006 – Lista de normas harmonizadas no âmbito da Directiva n.º 89/106/CEE, relativa aos produtos da construção. Publicada no Diário da República, 2.ª série – N.º 198 – 13 de Outubro de 2006.
- [D6] DIRECTIVA 93/68/CEE, de 22 de Julho de 1993 – Altera a Directiva 89/106/CEE, 22 de Julho de 1993.
- [D7] DECISÃO DA COMISSÃO 96/603/EC – Estabelece a lista de produtos abrangidos pelas classes A «nenhuma contribuição para o fogo» prevista na Decisão 94/611/CE que aplica o disposto no artigo 20º da Directiva 86/106/CEE do Conselho relativa aos produtos de construção, 4 de Outubro de 1996.
- [D8] DECISÃO DA COMISSÃO 2000/605/EC – Altera a Decisão 96/603/CE que estabelece a lista de produtos abrangidos pelas classes A «nenhuma contribuição para o fogo» prevista na Decisão 94/611/CE que aplica o disposto no artigo 20º da Directiva 89/106/CEE do Conselho relativa aos produtos de construção, 26 de Setembro de 2000.
- [D9] DECISÃO DA COMISSÃO 2003/424/EC – Altera a Decisão 96/603/CE que estabelece a lista de produtos abrangidos pelas classes A «nenhuma contribuição para o fogo» prevista na Decisão 94/611/CE que aplica o disposto no artigo 20º da Directiva 89/106/CEE do Conselho relativa aos produtos de construção, 6 de Junho de 2003.

[D10] COMUNICAÇÃO DA COMISSÃO a propósito dos documentos interpretativos da Directiva 89/106/CEE do Conselho (94/C62/01). Jornal Oficial das Comunidades Europeias (JOCE), C62, p. 23-72, 28 de Fevereiro de 1994.

[D11] DECRETO-LEI n.º 142/2007, de 27 de Abril – Transpõe para a ordem jurídica portuguesa a atribuição da responsabilidade da gestão, coordenação e desenvolvimento do Sistema Português da Qualidade (SPQ) ao Instituto Português da Qualidade (IPQ), 27 de Abril de 2007.

[D12] DECRETO-LEI n.º 4/2007, de 8 de Janeiro – Terceira alteração ao Decreto-Lei n. 113/93, de 10 de Abril, que transpõe para a ordem jurídica interna a Directiva n.º 89/106/CEE, que aproxima as legislações dos Estados-membros no que se refere aos produtos de construção, 8 de Janeiro de 2007.

[D13] DECISÃO DA COMISSÃO 97/808/CE – Altera a Decisão 97/808/CE relativa ao processo de comprovação da conformidade de produtos de construção, nos termos do n.º 2 do artigo 20.º da Directiva 89/106/CE do Conselho, no que respeita aos revestimentos de piso, 1 de Março de 2006.

[D14] DECISÃO DA COMISSÃO 98/437/CE – Relativa ao processo de comprovação da conformidade de produtos de construção, nos termos do n.º 2 do artigo 20.º da Directiva 89/106/CEE do Conselho, no que respeita aos revestimentos de coberturas, clarabóias, janelas de sótão e produtos conexos, 22 de Junho de 1998.

[D15] DECISÃO DA COMISSÃO 99/470/CE – Relativa ao processo de comprovação da conformidade de produtos de construção, nos termos do n.º 2 do artigo 20.º da Directiva 89/106/CEE do Conselho, no que respeita às colas para construção, 29 de Junho de 1999.

3. Normas

[N1] INSTITUTO PORTUGUÊS DA QUALIDADE (IPQ) – NP EN 14411:2008 – **Pavimentos e revestimentos cerâmicos. Definições, classificações, características e marcação**. Lisboa, IPQ, 2008.

[N2] IPQ – NP EN 12004:2008 – **Colas para ladrilhos. Requisitos, avaliação da conformidade, classificação e designação**. Lisboa, IPQ, 2008.

[N3] EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION (CEN) – EN 13888:2009 – **Grout for tiles – Requirements, evaluation of conformity, classification and designation**. Brussels, CEN, 2009.

- [N4] IPQ – NP EN 45020:2009 – **Normalização e actividades correlacionadas. Vocabulário geral.** Lisboa, IPQ, 2009.
- [N5] CEN – CEN/TR 13548:2004 – **General rules for the design and installation of ceramic tiling.** Brussels, CEN, 2004.
- [N6] IPQ – NP EN ISO 10545-2:2008 – **Pavimentos e revestimentos cerâmicos. Parte 2: Determinação das dimensões e da qualidade de superfície (ISO 10545-2:1995, incluindo a Corrigenda Técnica 1:1997).** Lisboa, IPQ, 2008.
- [N7] IPQ – NP EN ISO 10545-3:2001 – **Pavimentos e revestimentos cerâmicos. Parte 3: Determinação da absorção de água, da porosidade aberta, da densidade relativa aparente e da massa volúmica global.** Lisboa, IPQ, 2001.
- [N8] IPQ – NP EN ISO 10545-4:2001 – **Pavimentos e revestimentos cerâmicos. Parte 4: Determinação do módulo de ruptura e da resistência à flexão (ISO 10545-4:1995).** Lisboa, IPQ, 2001.
- [N9] IPQ – NP EN ISO 10545-5:2004 – **Pavimentos e revestimentos cerâmicos. Parte 5: Determinação da resistência ao impacto por medição do coeficiente de restituição (ISO 10545-5:1996, incluindo a Corrigenda Técnica 1:1996).** Lisboa, IPQ, 2004.
- [N10] IPQ – NP EN ISO 10545-6:2004 – **Pavimentos e revestimentos cerâmicos. Parte 6: Determinação da resistência à abrasão profunda para ladrilhos não vidrados (ISO 10545-6:1995).** Lisboa, IPQ, 2004.
- [N11] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO) – ISO 8486-1:1996 – **Bonded abrasives – Determination and designation of grain size distribution – Part 1: Macrogrits F4 to F220.** Geneva, ISO, 1996.
- [N12] IPQ – NP EN ISO 10545-7:2000 – **Pavimentos e revestimentos cerâmicos. Parte 7: Determinação da resistência à abrasão superficial para ladrilhos vidrados (ISO 10545-7:1996).** Lisboa, IPQ, 2000.
- [N13] IPQ – NP EN ISO 10545-14:2004 – **Pavimentos e revestimentos cerâmicos. Parte 14: Determinação da resistência às manchas (ISO 10545-14:1995, incluindo a Corrigenda Técnica 1:1997).** Lisboa, IPQ, 2004.
- [N14] IPQ – NP EN ISO 10545-8:2004 – **Pavimentos e revestimentos cerâmicos. Parte 8: Determinação da dilatação linear de origem térmica (ISO 10545-8:1994).** Lisboa, IPQ, 2004.

- [N15]IPQ – NP EN ISO 10545-9:2004 – **Pavimentos e revestimentos cerâmicos. Parte 9: Determinação da resistência a choques térmicos (ISO 10545-9:1994)**. Lisboa, IPQ, 2004.
- [N16]IPQ – NP EN ISO 10545-10:2004 – **Pavimentos e revestimentos cerâmicos. Parte 10: Determinação da dilatação com a humidade (ISO 10545-10:1995)**. Lisboa, IPQ, 2004.
- [N17]IPQ – NP EN ISO 10545-11:2004 – **Pavimentos e revestimentos cerâmicos. Parte 11: Determinação da resistência ao fendilhamento para ladrilhos vidrados (ISO 10545-11:1994)**. Lisboa, IPQ, 2004.
- [N18]IPQ – NP EN ISO 10545-12:2004 – **Pavimentos e revestimentos cerâmicos. Parte 12: Determinação da resistência ao gelo (ISO 10545-12:1995)**. Lisboa, IPQ, 2004.
- [N19]IPQ – NP EN ISO 10545-13:2004 – **Pavimentos e revestimentos cerâmicos. Parte 13: Determinação da resistência química (ISO 10545-13:1995)**. Lisboa, IPQ, 2004.
- [N20]ISO – ISO 13006:1998 – **Ceramic tiles – Definitions, classification, characteristics and marking**. Geneva, ISO, 1998.
- [N21]IPQ – NP EN ISO 10545-15:2004 – **Pavimentos e revestimentos cerâmicos. Parte 15: Determinação do teor de chumbo e de cádmio libertados por ladrilhos vidrados (ISO 10545-15:1995)**. Lisboa, IPQ, 2004.
- [N22]IPQ – NP EN ISO 10545-16:2004 – **Pavimentos e revestimentos cerâmicos. Parte 16: Determinação de pequenas diferenças de cor (ISO 10545-16:1999)**. Lisboa, IPQ, 2004.
- [N23]ISO – ISO 105-J03:2009 – **Textiles – Tests for colour fastness – Part J03: Calculation of colour differences**. Geneva, ISO, 2009.
- [N24]CEN – EN 13501-1:2007+A1:2009 – **Fire classification of construction products and building elements – Part 1: Classification using data from reaction to fire tests**. Brussels, CEN, 2007 [A1:2009].
- [N25]IPQ – NP EN ISO 10545-1:2001 – **Pavimentos e revestimentos cerâmicos. Parte 1: Amostragem e condições de recepção (ISO 10545-1:1995)**. Lisboa, IPQ, 2001.
- [N26]IPQ – NP EN ISO 9001:2008 – **Sistema de gestão da qualidade. Requisitos (ISO 9001:2008)**. Lisboa, IPQ, 2008.

- [N27]CEN – EN 1347:2007 – **Adhesives for tiles – Determination of wetting capability**. Brussels, CEN, 2007.
- [N28]IPQ – NP EN 12808-1:2007 – **Colas e argamassas de juntas para ladrilhos. Parte 1: Determinação da resistência química de argamassas de resinas de reacção**. Lisboa, IPQ, 2007.
- [N29]IPQ – NP EN 12808-4:2007 – **Argamassas de juntas para ladrilhos. Parte 4: Determinação da retracção**. Lisboa, IPQ, 2007.
- [N30]CEN – EN 1348:2007 – **Adhesives for tiles – Determination of tensile adhesion strength for cementitious adhesives**. Brussels, CEN, 2007.
- [N31]CEN – EN 1323:2007 – **Adhesives for tiles – Concrete slabs for tests**. Brussels, CEN, 2007.
- [N32]CEN – EN 1067:2005 – **Adhesives – Examination and preparation of samples for testing**. Brussels, CEN, 2005.
- [N33]CEN – EN 196-1:2005 – **Methods of testing cement. Part 1: Determination of strength**. Brussels, CEN, 2005.
- [N34]CEN – EN 1346:2007 – **Adhesives for tiles: Determination of open time**. Brussels, CEN, 2007.
- [N35]IPQ – NP EN 12002:2007 – **Colas para ladrilhos: Determinação da deformação transversa de cimentos-cola e de argamassas de juntas**. Lisboa, IPQ, 2007.
- [N36]CEN – EN 459-2:2010 – **Building lime. Part 2: Test methods**. Brussels, CEN, 2010.
- [N37]CEN – EN 1324:2007 – **Adhesives for tiles – Determination of shear adhesion strength of dispersion adhesives**. Brussels, CEN, 2007.
- [N38]CEN – EN 1308:2007 – **Adhesives for tiles – Determination of slip**. Brussels, CEN, 2007.
- [N39]IPQ – NP EN 12003:2007 – **Colas para ladrilhos: Determinação da resistência ao corte de colas de resinas de reacção**. Lisboa, IPQ, 2007.
- [N40]PQ – NP EN 12808-2:2007 – **Argamassas de juntas para ladrilhos. Parte 2: Determinação da resistência à abrasão**. Lisboa, IPQ, 2007.

- [N41]IPQ – NP EN 12808-3:2007 – **Argamassas de juntas para ladrilhos. Parte 3: Determinação da resistência à flexão e à compressão.** Lisboa, IPQ, 2007.
- [N42]IPQ – NP EN 12808-5:2007 – **Argamassas de juntas para ladrilhos. Parte 5: Determinação da absorção de água.** Lisboa, IPQ, 2007.
- [N43]ISO – ISO 1182:2010 – **Reaction to fire tests for products – Non-combustibility test.** Geneva, ISO, 2010.
- [N44]ISO – ISO 1716:2010 – **Reaction to fire tests for products – Determination of the gross heat of combustion (calorific value).** Geneva, ISO, 2010.
- [N45]CEN – EN 13823:2010 – **Reaction to fire tests for building products. Building products excluding floorings exposed to the thermal attack by a single burning item.** Brussels, CEN, 2010.
- [N46]CEN – EN ISO 11925-2:2010 – **Reaction to fire tests. Ignitability of products subjected to direct impingement of flame. Part 2: Single-flame source test (ISO 11925-2:2010).** Brussels, CEN, 2010.
- [N47]CEN – EN ISO 9239-1:2010 – **Reaction to fire tests for floorings. Part 1: Determination of the burning behavior using a radiant heat source (ISO 9239-1:2010).** Brussels, CEN, 2010.

4. Endereços Electrónicos

- [I1] Vantagens que resultam da actividade normativa (Consultado em Dezembro de 2011) – http://www.iso.org/iso/about/discovers-iso_who-standards-benefits.htm
- [I2] European Committee for Standardization – Technical Committees and Workshops (Consultado em Fevereiro de 2012) – <http://www.cen.eu/cen/Sectors/TechnicalCommitteesWorkshops/CENTechnicalCommittees/Pages/default.aspx>
- [I3] Instituto Português da Qualidade (IPQ) – <http://www.ipq.pt>
- [I4] EUROPA – Portal Oficial da União Europeia – <http://europa.eu>
- [I5] Laboratório Nacional de Eng.^a Civil (LNEC) – <http://www.lnec.pt>
- [I6] Eur-Lex. Acesso ao direito da União Europeia – <http://eur-lex.europa.eu/>

- [I7] European Organization for Technical Approvals (EOTA) – <http://www.eota.be>
- [I8] Nando (New Approach Notified and Designated Organizations) Information System (Consultado em Fevereiro de 2012) – <http://ec.europa.eu/enterprise/newapproach/nando/>
- [I9] Weber – Produtos de argamassas industriais desenvolvidas para o mercado da construção e renovação – <http://www.weber.com.pt>
- [I10] Recer – Pavimentos e revestimentos cerâmicos – <http://www.recer.pt>
- [I11] Comissão Europeia – Portal das empresas e das indústrias – <http://ec.europa.eu/enterprise/>
- [I12] International Organization for Standardization – <http://www.iso.org>
- [I13] European Committee for Standardization – <http://www.cen.eu>
- [I14] Centro Tecnológico da Cerâmica e do Vidro (CTCV) – <http://www.ctcv.pt>
- [I15] Inspeção-geral Finanças – <http://www.igf.min-financas.pt/>